

<ul style="list-style-type: none"> • <i>Allgemeine Diskussion über die Relativitätstheorie</i> (1920), Physikalische Zeitschrift, 21, pp. 666-668 	S. 2-4
<ul style="list-style-type: none"> • Hermann Weyl, <i>Die Diskussion über die Relativitätstheorie</i> (1920), Die Umschau, 24, pp. 609-611 	S. 5-7
<ul style="list-style-type: none"> • Ernst Gehrcke, (1921), Die Umschau, 25, p. 99 	S. 8
<ul style="list-style-type: none"> • Hermann Weyl, <i>Antwort auf Prof. Dr. Gehrcke</i> (1921), Die Umschau, 25, 123-124 	S. 9-10
<ul style="list-style-type: none"> • Ernst Gehrcke, <i>Zur Relativitätsfrage</i> (1921), Die Umschau, 25, p. 227. 	S. 11
<ul style="list-style-type: none"> • K. Körner, <i>Die 86. Versammlung der Deutscher Naturforscher und Ärzte in Bad Nauheim</i> (1921), Zeitschrift für Mathematischen und Naturwissenschaftlichen Unterricht, 52, pp. 79-84 	S. 12-17
<ul style="list-style-type: none"> • Hermann Weyl, <i>Die Relativitätstheorie auf der Naturforscherversammlung in Bad Nauheim</i> (1922), Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung, 31, pp. 51-63. 	S. 18-29

systemen ausgeführt; aber man kann sie leicht aufeinander beziehen. Man braucht bloß die Differenzen von beiden für diejenigen Linien zu bilden, für die die Sonnenverschiebung vorliegt und diese um den Betrag der Verschiebung zu korrigieren, die sich zwischen Sonne und Vergleichslichtquelle ergeben hat. Dann bekommt man für diese Linien den Unterschied, den das Vergleichsspektrum bei Rowlands Normalsystem gegen das bei Uhler und Patterson hat. Das habe ich für diejenigen Linien ausgeführt, die von Bachem und mir, Schwarzschild und St. John gemessen sind, und die keine größere Differenz als 0,2 km/sec ergeben haben, bei denen also alle drei Beobachter innerhalb der Versuchsfehler sich in Übereinstimmung befinden. Diese Linien wurden dann graphisch aufgetragen und eine Kurve gezeichnet, die als Grundwert für die Verschiebungen bei Rowland anzunehmen ist. Und nun habe ich für 100 aufeinanderfolgende Cyanbandenlinien des Rowland-atlas ohne jede Auswahl die Verschiebungen Sonne — Erde ausgerechnet. Das Resultat ist im Mittel — denn hier ist jetzt Mittelbildung erlaubt — $0,0063 \text{ \AA. E.} = 0,46 \text{ km}$ und fügen Sie wieder den St. Johnschen Randeffect von 0,14 km hinzu, so erhalten Sie 0,6 km Verschiebung nach Rot, also wieder den Einsteinwert. Sie sehen, daß beide voneinander völlig unabhängigen Methoden die von der Einsteinschen Theorie geforderte Verschiebung ergeben. Und wenn auch ganz zweifellos weitere Experimente zur Prüfung dieses Effektes angestellt werden müssen, so haben wir doch guten Grund schon jetzt zu der Annahme, daß die Rotverschiebung in dem geforderten Betrage wirklich vorhanden ist.

Allgemeine Diskussion über Relativitätstheorie.

Lenard: Ich habe mich gefreut, heute in einer Gravitationstheorie vom Äther sprechen gehört zu haben. Ich muß aber sagen, daß, sobald man von der Gravitationstheorie auf andere als massenproportionale Kräfte übergeht, sich der einfache Verstand eines Naturforschers an der Theorie stößt. Ich verweise auf das Beispiel vom gebremsten Eisenbahnzug. Damit das Relativitätsprinzip gilt, werden bei Benutzung nicht massenproportionaler Kräfte die Gravitationsfelder hinzugedacht. Ich möchte sagen, daß man sich im physikalischen Denken zweier Bilder bedienen kann, die ich als Bilder erster und zweiter Art bezeichnet habe. In den Bildern erster Art sprach z. B. Herr Weyl, indem er alle Vorgänge durch

Gleichungen ausdrückt. Die Bilder zweiter Art deuten die Gleichungen als Vorgänge im Raume. Ich möchte lieber die Bilder zweiter Art bevorzugen, während Herr Einstein bei der ersten Art stehen bleibt. Bei den Bildern zweiter Art ist der Äther unentbehrlich. Er war stets eines der wichtigsten Hilfsmittel beim Fortschritt in der Naturforschung, und seine Abschaffung bedeutet das Abschaffen des Denkens aller Naturforscher mittels des Bildes zweiter Art. Ich möchte zuerst die Frage stellen: Wie kommt es, daß es nach der Relativitätstheorie nicht unterscheidbar sein soll, ob im Falle des gebremsten Eisenbahnzuges der Zug gebremst oder die umgebende Welt gebremst wird?

Einstein: Es ist sicher, daß wir relativ zum Zug Wirkungen beobachten und wenn wir wollen, diese als Trägheitswirkungen deuten können. Die Relativitätstheorie kann sie ebenso gut als Wirkungen eines Gravitationsfeldes deuten. Woher kommt nun das Feld? Sie meinen, daß es die Erfindung des Herrn Relativitätstheoretikers ist. Es ist aber keine freie Erfindung, weil es dieselben Differentialgesetze erfüllt wie diejenigen Felder, die wir als Wirkungen von Massen aufzufassen gewohnt sind. Es ist richtig, daß etwas von der Lösung willkürlich bleibt, wenn man einen begrenzten Teil der Welt ins Auge faßt. Das relativ zum gebremsten Zug herrschende Gravitationsfeld entspricht einer Induktionswirkung, die durch die entfernten Massen hervorgerufen wird. Ich möchte also kurz zusammenfassend sagen: Das Feld ist nicht willkürlich erfunden, weil es die allgemeinen Differentialgleichungen erfüllt und weil es zurückgeführt werden kann auf die Wirkung aller fernen Massen.

Lenard: Herrn Einsteins Ausführungen haben mir nichts Neues gesagt; sie sind auch nicht über die Kluft von den Bildern erster Art zu den anschaulichen Bildern zweiter Art hinweggekommen. Ich meine, die hinzugedachten Gravitationsfelder müssen Vorgängen entsprechen und diese Vorgänge haben sich in der Erfahrung nicht gemeldet.

Einstein: Ich möchte sagen, daß das, was der Mensch als anschaulich ansieht, und was nicht, gewechselt hat. Die Ansicht über Anschaulichkeit ist gewissermaßen eine Funktion der Zeit. Ich meine, die Physik ist begrifflich und nicht anschaulich. Als Beispiel über die wechselnde Ansicht über Anschaulichkeit erinnere ich Sie an die Auffassung über die Anschaulichkeit der galileischen Mechanik zu den verschiedenen Zeiten.

Lenard: Ich habe meine Meinung in der

Druckschrift „Über Relativitätsprinzip, Äther, Gravitation“ zum Ausdruck gebracht, daß der Äther in gewissen Beziehungen versagt hat, weil man ihn noch nicht in der rechten Weise behandelt hat. Das Relativitätsprinzip arbeitet mit einem nichteuklidischen Raum, der von Stelle zu Stelle und zeitlich nacheinander verschiedene Eigenschaften annimmt; dann kann nun eben in dem Raum ein Etwas sein, dessen Zustände diese verschiedenen Eigenschaften bedingen, und dieses Etwas ist eben der Äther. Ich sehe die Nützlichkeit des Relativitätsprinzips ein, solange es nur auf Gravitationskräfte angewandt wird. Für nicht massenproportionale Kräfte halte ich es für ungültig.

Einstein: Es liegt in der Natur der Sache, daß von einer Gültigkeit des Relativitätsprinzips nur dann gesprochen werden kann, wenn es bezüglich aller Naturgesetze gilt.

Lenard: Nur wenn man geeignete Felder hinzudichtet. Ich meine, das Relativitätsprinzip kann auch nur über Gravitation neue Aussagen machen, weil die im Falle der nicht-massenproportionalen Kräfte hinzugenommenen Gravitationsfelder gar keinen neuen Gesichtspunkt hinzufügen, als nur eben den, das Prinzip gültig erscheinen zu lassen. Auch macht die Gleichwertigkeit aller Bezugssysteme dem Prinzip Schwierigkeiten.

Einstein: Es gibt kein durch seine Einfachheit prinzipiell bevorzugtes Koordinatensystem; deshalb gibt es auch keine Methode, um zwischen „wirklichen“ und „nichtwirklichen“ Gravitationsfeldern zu unterscheiden. Meine zweite Frage lautet: Was sagt das Relativitätsprinzip zu dem unerlaubten Gedankenexperiment, welches darin besteht, daß man z. B. die Erde ruhen und die übrige Welt um die Erdachse sich drehen läßt, wobei Überlichtgeschwindigkeiten aufheben?

Der erste Satz ist keine Behauptung, sondern eine neuartige Definition für den Begriff „Äther“.

Ein Gedankenexperiment ist ein prinzipiell, wenn auch nicht faktisch ausführbares Experiment. Es dient dazu, wirkliche Erfahrungen übersichtlich zusammenzufassen, um aus ihnen theoretische Folgerungen zu ziehen. Unerlaubt ist ein Gedankenexperiment nur dann, wenn eine Realisierung prinzipiell unmöglich ist.

Lenard: Ich glaube zusammenzufassen zu können: 1. Daß man doch besser unterläßt, die „Abschaffung des Äthers“ zu verkünden. 2. Daß ich die Einschränkung des Relativitätsprinzips zu einem Gravitationsprinzip immer noch für angezeigt halte, und 3., daß die Überlichtgeschwindigkeiten dem Relativitätsprinzip

doch eine Schwierigkeit zu bereiten scheinen; denn sie heben bei der Relation jedes beliebigen Körpers auf, sobald man dieselbe nicht diesem, sondern der Gesamtwelt zuschreiben will, was aber das Relativitätsprinzip in seiner einfachsten und bisherigen Form als gleichwertig zuläßt.

Rudolph: Daß sich die allgemeine Relativitätstheorie glänzend bewährt hat, ist kein Beweis gegen den Äther. Die Einsteinsche Theorie ist richtig, nur ihre Ansicht über den Äther ist nicht richtig. Auch wird sie erst annehmbar mit der Weylschen Ergänzung, geht dann aber sogar aus der Ätherhypothese hervor, wenn zwischen den beim Fließen verschobenen Ätherwänden Lücken bleiben, die durch Schleuderkraft infolge Richtungsänderung der Sternfäden leer gehalten werden.

Palagyi: Die Diskussion zwischen Einstein und Lenard hat auf mich einen tiefen Eindruck gemacht. Man begegnet hier wieder den alten historischen Gegensätzen zwischen experimentaler und mathematischer Physik, wie sie schon z. B. zwischen Faraday und Maxwell bestanden. Herr Einstein sagt, daß es kein ausgezeichnetes Koordinatensystem gibt. Es gibt eins. Lassen Sie mich biologisch denken. Dann trägt jeder Mensch sein Koordinatensystem in sich. In der Verfolgung dieses Gedankens ist eine Widerlegung der Relativitätstheorie enthalten.

Einstein weist darauf hin, daß kein Gegensatz zwischen Theorie und Experiment besteht.

Born: Die Relativitätstheorie bevorzugt sogar die Bilder zweiter Art. Ich betrachte als Beispiel die Erde und die Sonne. Wäre die Anziehung nicht, liefe die Erde geradlinig davon usw.

Mie: Daß die Ansicht, der Äther sei der greifbaren Materie wesensgleich, erst durch die Relativitätstheorie als unmöglich erkannt sein solle, habe ich nie verstehen können. Das war doch schon lange vorher durch Lorentz in seinem Buch „Elektrische und optische Erscheinungen in bewegten Körpern“ geschehen. Auch Abraham hat in seinem Lehrbuch schon damals, als er der Relativitätstheorie noch ablehnend gegenüberstand, gesagt: „Der Äther ist der leere Raum.“

Ich bin der Ansicht, daß man auch bei Annahme der Einsteinschen Gravitationstheorie doch ganz scharf unterscheiden muß zwischen den bloß fingierten Gravitationsfeldern, die man nur durch die Wahl des Koordinatensystems in das Weltbild hineinbringt, und den wirklichen Gravitationsfeldern, die durch den objektiven Tatbestand gegeben sind. Ich

habe kürzlich einen Weg gezeigt, wie man zu einem „bevorzugten“ Koordinatensystem kommen kann, in welchem von vornherein alle bloß fingierten Felder ausgeschlossen sind.

Einstein: Ich kann nicht einsehen, wie so es ein bevorzugtes Koordinatensystem geben soll. Höchstens könnte man daran denken, solche Koordinatensysteme zu bevorzugen, in bezug auf welche der Minkowskische Ausdruck für ds^2 annähernd gilt. Aber abgesehen davon, daß es für große Räume solche Systeme gar nicht geben dürfte, sind diese Koordinatensysteme sicherlich nicht exakt, sondern nur approximater definierbar.

Kraus weist auf eine erkenntnistheoretische Differenz zwischen den Bildern erster und zweiter Art hin, indem er die Bilder erster Art für höherwertig als die Bilder zweiter Art hält.

Lenard: Es ist soeben das Schwerpunktsprinzip hineingebracht worden; ich glaube jedoch, daß das auf prinzipielle Fragen keinen Einfluß haben kann.

Hugo Dingler (München), Kritische Bemerkungen zu den Grundlagen der Relativitätstheorie.

Ich werde mich im folgenden mit einer Kritik der Grundlagen der Relativitätstheorie beschäftigen. Zuvor aber möchte ich nach alter ritterlicher Sitte vor dem Gegner den Degen senken und folgendes zum Ausdruck bringen.

Man mag zu der Relativitätstheorie stehen wie man will, das eine ungeheure Verdienst wird ihr, neben ihrer heuristischen Bedeutung, vor der Geschichte der Physik nicht genommen werden können: es ist ihr in kürzester Zeit, was noch vor 20 Jahren kaum jemand für möglich gehalten hätte, gelungen, fast die Gesamtheit der Gebildeten für die Grundlagen der exakten Wissenschaften aufs intensivste zu interessieren. Und ein weiteres hohes Verdienst, das man erst in einiger Zeit würdigen können, ist das: Indem der ausgezeichnete und verdiente Schöpfer dieser Theorie mit rücksichtsloser Konsequenz aus den bestehenden völlig unbewiesenen Tagesmeinungen über die Grundlagen der Physik die Folgerungen zog und auf ihnen mit fabelhafter mathematischer Kunst eine große Theorie errichtete, hat er auf eine überaus eindrucksvolle Weise auf das verhängnisvolle Durcheinander hingewiesen, das in diesen Fragen noch herrscht, und wird auf diese Weise der Anstoß dazu sein, daß auch breiteren Kreisen dieses Durcheinander zum Bewußtsein kommt, und daß man sich nach einer Ordnung desselben umsieht.

Diese historischen Wirkungen der Relativitätstheorie werden alle Beweise ihrer Unhaltbarkeit ihr nicht zu rauben vermögen, und wenn diese Theorie, wie ich sicher bin, fällt, wird dies nicht aus Fehlern geschehen, die der Schöpfer der Theorie als solcher machte, sondern aus Fehlern, die in der herrschenden Anschauung über die Grundlagen der Physik liegen.

Ich komme zur Sache.

Es gibt am Anfang der Mechanik gewisse Schwierigkeiten, welche sich auf die Festlegung irgendwelcher Bewegungen im Raum beziehen und ferner besteht die Frage nach der Definition der Zeit. Wir wollen die Gesamtgruppe dieser Probleme als „die Orientierungsprobleme“ bezeichnen, und uns mit ihnen beschäftigen. Die mangelnde Gelöstheit dieser Probleme hat in der Relativitätstheorie ihren sozusagen klassischen Ausdruck gefunden.

Lassen Sie uns vorerst einige Überlegungen anstellen.

Zunächst ist eine scharfe Scheidung festzuhalten zwischen Bewegungen geometrischer Figuren und von wirklichen Körpern. Die ersteren gehören zur Kinematik, die anderen zur Mechanik. In der Relativitätstheorie wird beides fortwährend vermengt zum großen Schaden der Klarheit. Ein Koordinatensystem ist eine geometrische Figur und kein wirklicher Körper. Ein Koordinatensystem braucht nicht fest an einem wirklichen Körper verankert zu sein, und es ist für jeden wirklichen Vorgang vollkommen gleichgültig, wie sich das Koordinatensystem, auf das ich ihn beziehe, bewegt. Denn, und dieses Prinzip liegt hier zugrunde, eine rein mathematisch-geometrische Bestimmung, die ja nur ein gedachtes Ding ist, kann keine reale Wirkung ausüben. (Diese Festsetzung ist die einfachere gegenüber der, daß eine solche Wirkung möglich sei. Denn dadurch wäre die Trennung zwischen Innen- und Außenwelt aufgehoben und ein noch vollkommeneres Durcheinander wäre die Folge. Sie sehen aber, schon hier liegen Festsetzungen zugrunde. Und genaues Zusehen zeigt, daß diese Festsetzungen durch Erfahrung weder bewiesen, noch widerlegt werden können.) Ich kann Sie also wie Sie hier sitzen in Gedanken auf ein beliebig beschleunigtes Koordinatensystem beziehen, ohne daß Sie das Geringste davon merken.

Wenn also die Relativitätstheorie davon spricht, daß durch bewegte Koordinatensysteme in der Wirklichkeit Wirkungen erzeugt werden, so ist das eine etwas unglückliche Ausdrucksweise dafür, daß gewisse Körper bewegt werden, mit denen sie sich ein Koordinatensystem verbunden denkt.

Ein zweiter wichtiger Satz ist der, daß rein

DIE UMSCHAU

WOCHENSCHRIFT ÜBER DIE FORTSCHRITTE
IN WISSENSCHAFT UND TECHNIK

Zu beziehen durch alle Buch-
handlungen und Postanstalten

HERAUSGEGEBEN VON
PROF. DR. J. H. BECHHOLD

Erscheint wöchentlich
einmal

Geschäftsstelle: Frankfurt a. M.-Niederrad, Niederräder Landstr. 28. · Für Postabonnements: Ausgabestelle Frankfurt a. M.-Süd.
Redaktionelle Zuschriften sind zu richten an: Redaktion der „Umschau“, Frankfurt a. M.-Niederrad.

Nr. 42

23. Oktober 1920

XXIV. Jahrg.

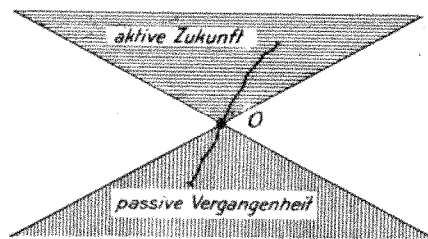
Die Diskussion über die Relativitätstheorie auf der Naturforscherversammlung.

Von Prof. Dr. H. WEYL (Zürich).

Auf der Naturforscher-Versammlung in Bad Nauheim war eine Sitzung der vereinigten mathematischen und physikalischen Sektion (am 23. September) der Relativitätstheorie gewidmet. Vorträge von Weyl, Mie, von Laue und Grebe gaben Zeugnis von der gegenwärtigen wissenschaftlichen Arbeit auf dem Gebiet der Relativitätstheorie. Außer der Debatte über diese Vorträge fand aber auch eine allgemeine Diskussion über die Prinzipien statt, die fast ausschließlich zu einem Zweikampf zwischen Einstein und Lenard wurde. Man muß einfach konstatieren, daß Lenard den Sinn der Einsteinschen Lehre nicht erfaßt; deshalb fanden sich die Gegner überhaupt nicht, der Kampf blieb ein Scheinkampf und ergebnislos.

Die Relativitätstheorie erhebt sich auf zwei Grundeinsichten, die an sich nichts miteinander zu tun haben; das sind 1. die Relativität der Gleichzeitigkeit, 2. die Relativität der Bewegung. Die erste führt eine Verschmelzung von Raum und Zeit zu einem einheitlichen vierdimensionalen Kontinuum herbei, das man nach Minkowski als „Welt“ bezeichnet. Ein Weltpunkt ist ein „Hier—jetzt“, markiert etwa durch ein Startsignal, ein aufblitzendes und sofort wieder verlöschendes Fünkchen oder irgend ein anderes Ereignis von winziger räumlicher und zeitlicher Ausdehnung. Mein Leib befindet sich in jedem Augenblick meines Lebens an einer bestimmten Welt (= Raum-Zeit-) Stelle; er durchläuft also eine eindimensionale Aufeinanderfolge von Weltpunkten, eine „Weltlinie“. So auch jeder andere Kör-

per; wer einmal einen graphischen Fahrplan gesehen hat, weiß, wie man eine solche Weltlinie (die Weltlinien der auf einer Strecke verkehrenden Züge) bildlich darstellt. Nach alter Auffassung zerschneidet ein von mir ausgesprochenes „Jetzt“ nicht bloß den Ablauf meines inneren Lebens in Vergangenheit und Zukunft, sondern legt diesen Schnitt mit einem Hieb hindurch durch die ganze Welt: er zerteilt die Welt auf ähnliche Weise in zwei ohne Zwischenraum aneinander grenzende Teile, die Vergangenheit und die Zukunft, wie eine Horizontalebene den Raum zerschneidet in eine untere und obere Hälfte. Nach der Relativitätstheorie ist aber die Trennung Vergangenheit-Zukunft von einem Weltpunkt O aus von anderer Art,



sie entspricht derjenigen, welche im dreidimensionalen Raum durch einen vollständigen Kreiskegel hervorgerufen wird (er ist in der Figur im Aufriß angedeutet; die krumme Linie ist die Weltlinie meines Leibes, die natürlich durch O in zwei Teile, den vergangenen Teil meines Lebens und den zukünftigen, zerlegt wird). In dem vorderen Kegel liegen alle diejenigen Weltpunkte, auf welche mein Tun und Lassen in O von Einfluß ist, außerhalb desselben

alle die Ereignisse, die abgeschlossen hinter mir liegen, an denen „jetzt nichts mehr zu ändern ist“: der Mantel des vorderen Kegels trennt meine aktive Zukunft von meiner aktiven Vergangenheit. Die Grenze wird gebildet von der schnellsten, überhaupt möglichen Wirkungsausbreitung: dem Licht. Hingegen sind im Innern des hinteren Kegels alle die Ereignisse lokalisiert, die ich entweder leibhaftig miterlebt (mitangesehen habe) oder von denen mir irgendeine Kunde gekommen sein kann; nur diese Ereignisse haben möglicherweise bis jetzt Einfluß auf mich gehabt. Außerhalb desselben aber liegt alles, was ich noch miterleben werde oder noch miterleben würde, wenn meine Lebensdauer unbegrenzt wäre und mein Blick überall hindringen könnte; der Mantel des hinteren Kegels scheidet meine passive Vergangenheit von meiner passiven Zukunft. Zwischen aktiver Zukunft und passiver Vergangenheit liegt ein leeres Weltgebiet, mit dem ich im Augenblick O weder aktiv noch passiv irgendwie verbunden bin. — Der Schauplatz der Wirklichkeit ist nicht ein stehender dreidimensionaler Raum, in welchem die Dinge in zeitlicher Entwicklung begriffen sind, sondern die vierdimensionale Welt, in welcher Raum und Zeit unlöslich miteinander verwachsen sind. Diese objektive Welt geschieht nicht, sondern sie ist — schlechthin; ein vierdimensionales Kontinuum, aber weder Raum noch Zeit. Nur vor dem Blick des in den Weltlinien der Leiber emporkriechenden Bewußtseins „lebt“ ein Ausschnitt dieser Welt „auf“ und zieht an ihm vorüber als räumliches, in zeitlicher Wandlung begriffenes Bild.

Die von der Relativitätstheorie gelehrt Verschmelzung von Raum und Zeit wurde auf der Nauheimer Diskussion nicht angefochten. Dort handelte es sich allein um den zweiten Punkt, die Relativität der Bewegung. Es liegt im Wesen des Begriffes „Bewegung“, daß von Bewegung immer nur relativ zu einem festen Bezugskörper die Rede sein kann (als solcher fungiert im täglichen Leben die „dauernde wohlgegründete Erde“). An sich ist keiner der möglichen Bewegungszustände eines Körpers von den andern ausgezeichnet, so ausgezeichnet, daß er den Namen „Ruhe“ verdiente. Diesem evidenten Grundsatz scheint die Erfahrung aber kraß zu widersprechen. Die Erfahrung zeigt, daß an einem „rotierenden“ Schwun-

grad Zentrifugalkräfte auftreten, die das Schwungrad spannen, vielleicht bis zum Zerspringen; am „ruhenden“ ist davon nichts zu merken. In einem plötzlich gehemmten Eisenbahnzug geht alles in Trümmer; warum, fragt Lenard, geht nicht ebensogut der Kirchturm neben dem Zuge in Trümmer, da er doch relativ zum Zuge einen ebenso starken Bewegungsruck erfährt, wie der Zug relativ zum Kirchturm. Die alte, in Nauheim von Lenard verteidigte Lösung des Dilemmas ist die folgende: Wie wir dem Raum unabhängig von dem Materiellen, das ihn erfüllt, eine gewisse geometrische Struktur zuschreiben, zufolge deren sich insbesondere gerade Linien von krummen unterscheiden lassen; so auch der Welt. Das Galileische Trägheitsprinzip besagt, daß ein Körper, der keine Einwirkung von außen erfährt, eine Bewegung vollführt, deren Weltlinie eine Gerade ist. Hingegen Einstein: Es läßt sich allerdings nicht leugnen, sondern geht aus dem Galileischen Trägheitsprinzip klar hervor, daß in der Welt eine Art zwangsweiser „Führung“ vorhanden ist, welche einem Körper, wenn man ihn in bestimmter Richtung mit bestimmter Geschwindigkeit losläßt, eine ganz bestimmte „natürliche“ Bewegung aufnötigt, aus der er nur durch äußere Einwirkung herausgeworfen werden kann. Aber diese „Führung“ ist ein physikalisches Kraftfeld, genau wie das elektrische Feld, dem die elektrischen Kräfte entspringen. In den Trägheitskräften offenbart sich das, was bisher als „geometrische Struktur“ aufgefaßt wurde, das „Führungsfeld“, als etwas Reales, als eine wirkende Potenz von einer unter Umständen erschütternden Gewalt. Deshalb kann es sich da unmöglich um eine formale, schlechthin vorgegebene, von der Materie und ihren Zuständen unabhängige Beschaffenheit der Welt handeln; sondern das Führungsfeld muß in Wechselwirkung stehen mit der Materie und mit ihren Zuständen sich verändern. Bei Durchführung dieses Gedankens stellte sich nun heraus — und darin liegt der große Erfolg der Einsteinschen Theorie —, daß nur eine Teilerscheinung des Führungsfeldes ist, was bislang als Gravitation bezeichnet wurde. Die Bewegung der Planeten folgt der durch die Führung vorgezeichneten Bahn; während sie nach der alten Mechanik keineswegs dem Galileischen Prinzip genügt, sondern durch eine besondere, ad hoc von Newton ersonnene Kraft, die „Schwer-

kraft“, aus dieser Bahn abgelenkt wird. Nach Einstein aber bilden Trägheit und Gravitation eine unzertrennliche Einheit; darum müssen träge und schwere Masse notwendig einander gleich sein; früher hatte man nie-

der Erfahrung zu entnehmen sind. Ich glaube, daß erst durch diese Erweiterung die Relativitätstheorie ihre natürliche Vollendung gefunden hat; aber sie ist im Augenblick in noch höherem Maße angefochten als die Einsteinsche Lehre.



Fig. 1. Altes System.

Die Wärme steigt direkt nach oben, infolgedessen entwickelt sich die größte Hitze in dem oberen Teil des Ofens; statt der Füße wird der Kopf warm.

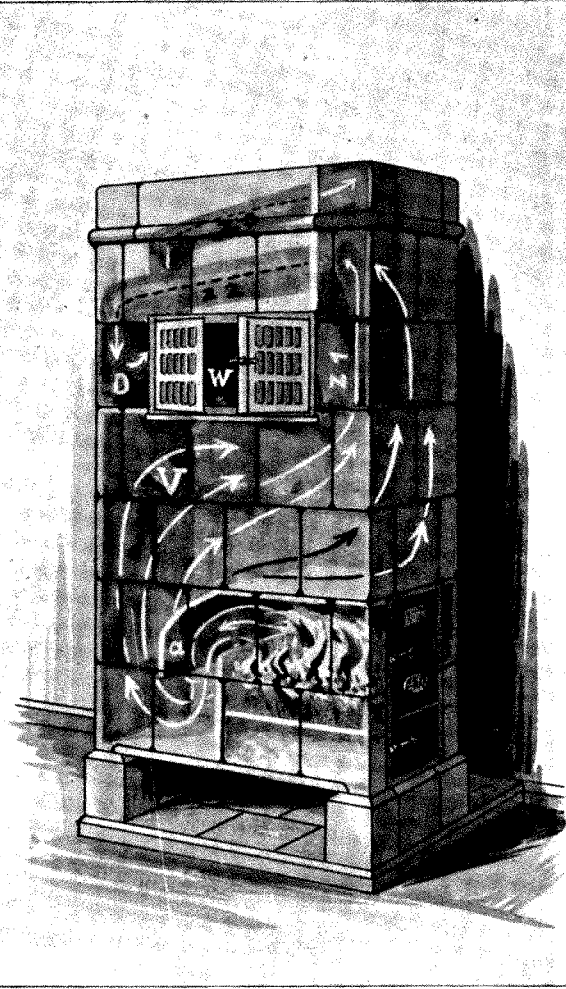


Fig. 2. Der neue Einheitofen.

Die Flamme wird durch die Decke A gestürzt und gleichmäßig in der Verbrennungskammer V verteilt. Der Ofen heizt rasch an und erwärmt vor allem die unteren Partien des Zimmers.

mals verstehen können, worauf dieser Zusammenhang beruhte.

Den Einsteinschen Grundsätzen von der Relativität der Gleichzeitigkeit und der Relativität der Bewegung ist von mir der Grundsatz von der Relativität der Größe hinzugefügt worden. Er machte es möglich, außer der Gravitation auch die elektromagnetischen Erscheinungen abzuleiten, ohne daß man eine besondere elektrische und magnetische Kraft einführen muß, deren Gesetze aus

Der Einheit-Kachelofen.

Von Prof. Dr. KARL BRABBÉE.

Bisher war es allgemein üblich, Oefen nur nach dem „Wirkungsgrad“ der Feuerung zu beurteilen, d. h. es wurde die Verhältniszahl von verbrauchter Kohlenmenge und erzeugter Wärme festgestellt. Dem Mieter ist diese Zahl aber völlig gleichgültig, denn sie sagt nichts darüber aus, wieviele der im Brennstoff enthaltenen Wärmemengen tatsächlich zur richti-

Freund Folge leisten. — Prof. Dr. Alfred Bergeat, Dir. d. mineral. Instituts i. Königsberg, hat d. Ruf a. d. Univ. Kiel als Nachfolger Prof. Johnsen angenommen. — D. o. Prof. d. slaw. Philologie a. d. Univ. Breslau Dr. Paul Diels hat d. im Sommer 1920 an ihn ergangenen Ruf n. Graz nunmehr abgelehnt. — D. Zahnarzt Dr. Paul W. Simon hat d. Leitung d. orthopäd. Abt. d. Berliner zahnärztl. Univ.-Inst. übernommen.

Schluß des redaktionellen Teils.

Sprechsaal.

Der in der Umschau vom 23. Oktober 1920, Seite 610, erstattete Bericht von Weyl über die Relativitätssitzung in Nauheim bedarf in mehrfacher Hinsicht der Ergänzung.

Ein nicht ganz unwichtiger Punkt, der auf der Nauheimer Tagung mit bemerkenswerter Deutlichkeit hervortrat, ist dem Berichte von Herrn Weyl nachzutragen: Einstein hat nämlich unzweideutig und klar in der Diskussion seine Mißbilligung der Weylschen Theorie zum Ausdruck gebracht und die Erklärung abgegeben, daß eine aus rein mathematischen Forderungen der Symmetrie aufgebaute Theorie, wie die von Weyl, abzulehnen sei. — Wenn Herr Weyl es unternimmt, seine Gedanken der Öffentlichkeit

näher zu führen, so sollte er einen so interessanten Punkt wie den der Stellungnahme Einsteins zur Weylschen Theorie nicht unerwähnt lassen, damit in der Öffentlichkeit von vornherein keine irrige Meinung darüber entstehen kann, wie der Urheber der Relativitätstheorie zur species Relativismus von Weyl steht.

Herr Weyl glaubt in seinem Bericht konstatieren zu dürfen, daß Lenard den Sinn der Relativitätstheorie nicht erfaßt habe. Dies ist nur eine Zurückgabe der von Lenard auf der Nauheimer Tagung gemachten Feststellung, daß die Relativisten kein Verständnis für die Erfordernisse der Wirklichkeitsforschung in der Physik gezeigt hätten, und daß sie keinen Versuch machen, die „Kluft“ zu überbrücken. Weyl sollte bedenken, daß auch wenn jemand als Mathematiker virtuose Geschicklichkeit in der Handhabung mathematischer Symbole besitzt, er doch für andere Abstraktionen als Größenbeziehungen der Mathematik einen Man-

gel an Verständnis bezeigen kann, von dem universeller begabte Naturen frei sind. An Hand der Weylschen Schriften würde sich leicht eine Liste von erkenntnistheoretischen Schnitzern und begrifflichen Wirrnissen anlegen lassen; es sei in diesem Zusammenhang übrigens auch auf die kürzlich erschienene Schrift von Ripke-Kühn: Kant contra Einstein, Verlag von Keyser-Erfurt, verwiesen.

Der von Herrn Weyl in seinem Bericht näher ausgeführte Punkt in der Diskussion zwischen

Einstein und Lenard hinsichtlich dessen Beispiel des gebremsten Eisenbahnzuges läßt den wesentlichen, von Lenard näher erläuterten Einwand vermissen, daß zur Erzeugung eines Gravitationsfeldes doch nach unseren heutigen physikalischen Kenntnissen Massen da sein sollten, die das Gravitationsfeld hervorbringen. Im Falle des Eisenbahnunglücks, wo nach Angabe des Relativisten nicht der Zug, sondern die ganze Umgebung gebremst worden sein soll, ist keine Massenanzordnung und nichts ersichtlich, was das zur Bremsung der Umgebung erforderliche Gravitationsfeld erzeugt haben könnte. Der Relativist wurde denn auch in Nauheim veranlaßt, ausdrücklich Gravitationsfelder ohne erzeugende, gravitierende Massen anzunehmen, wobei er allerdings unter anderem

offen ließ, woher die Energie dieser Gravitationsfelder genommen wird. Von all dem berichtet uns Herr Weyl nichts.

Endlich hat die Diskussion in Nauheim die Erklärung Einsteins gezeitigt, daß nach der allgemeinen Relativitätstheorie die Körper jede beliebige Geschwindigkeit, größer als die Lichtgeschwindigkeit, besitzen dürfen. Auch diese in ihren Folgerungen hier nicht weiter zu behandelnde Angelegenheit erwähnt Herr Weyl nicht. „Ergebnislos“ war die Debatte in Nauheim also keineswegs.

Prof. Dr. E. Gehrcke.

Erfinderaufgaben.

(Diese Rubrik soll Erfindern und Industriellen Anregung bieten; es werden nur Aufgaben veröffentlicht, für deren Lösung ein wirkliches Interesse vorliegt. Die Auswertung der Ideen und die Weiterleitung eingereichter Entwürfe wird durch die Umschau vermittelt.)

161. Vorrichtung zum Befestigen der jetzt so teuren Zündholzkästchen nach Art des bekannten Kassen- und Telefonbleistifts.



Geh. Rat Prof. Dr. Karl Graebe

feiert am 24. Februar seinen 80. Geburtstag.

zung d. Prof. P. Grawitz frei werdenden Lehrst. d. pathol. Anatomie a. d. Greifswalder Univ. d. a. o. Prof. Dr. med. Walter Groß i. Heidelberg. — V. d. Techn. Hochschule in Darmstadt Kommerzienrat Karl Flohr i. Berlin z. Dr.-Ing. h. c. — D. a. o. Prof. f. alttestam. Exegese a. d. Univ. Breslau Dr. Wilhelm Caspari z. Mitdir. d. evang.-theol. Seminars daselbst. — A. d. durch d. Uebersiedelung d. Prof. D. Heitmüller n. Bonn erl. Lehrst. f. Neues Testament a. d. Marburger Univ. d. o. Prof. Lic. Rudolf Bultmann i. Gießen. — D. Privatdoz. a. d. Univ. Halle Dr. jur. Heinrich Mitteis, d. vor einiger Zeit einen Ruf a. d. Lehrst. f. deutsches Privatrecht a. d. Univ. Frankfurt als Nachf. v. Prof. H. Planitz erhalten hat, zugleich a. d. Univ. Köln. — D. Historiker Prof. Dr. Hermann Oncken i. Heidelberg n. Wien als Nachf. August Fourniers. — Prof. Dr. Bredig v. d. Techn. Hochschule Karlsruhe z. ausw. Mitgl. d. Kgl. Akad. d. Wissensch. i. Amsterdam.

Habilitiert: Prof. Dr. Adolf Kreutz a. d. Techn. Hochschule Darmstadt f. d. Chemie d. Nahrungs- u. Genußmittel. — Dr. med. Bruno Valentin an d. Univ. Frankfurt a. M. — D. Assistent a. zool. Institut d. tierärztl. Fak. d. Univ. München Dr. phil. Ludwig Scheuring als Privatdoz. f. Zoologie daselbst. — Dr.-Ing. Walter Bachmann aus Leipzig f. Einzeluntersuchungen zur Geschichte d. Baukunst a. d. Techn. Hochschule zu Dresden.

Gestorben: Geh. Medizinalrat Prof. Dr. Gustav Killian, d. Dir. d. laryngol. Klinik a. d. Berliner Charité, 61jähr. — Fritz Boehringer, Ehrenbürger d. Univ. u. Begründer d. Instituts f. Eiweißforschung a. d. Univ. Heidelberg. — Prof. Ernst Kirchner, Lehrer a. d. Techn. Staatslehranstalten i. Chemnitz, 73jähr. — 77jähr. d. emerit. o. Prof. f. Baukonstruktionslehre a. d. Berliner Techn. Hochschule Geh. Baurat Dr.-Ing. Hugo Koch. — I. Stuttgart d. Präsident d. Ministerialabteilung f. höh. Schulen i. württh. Ministerium d. Kirchen- u. Schulwesens Dr. phil. Adolf von Marquardt 56jähr.

Verschiedenes: Dr. Josef Hellauer, Prof. d. Handelswissenschaft a. d. Handelshochschule Berlin, hat d. Ruf als Ordinarius f. Privatwirtschaftslehre a. d. Univ. Frankfurt a. M. angenommen. — D. o. Prof. f. Geschichte d. Baukunst a. d. Berliner Techn. Hochschule Dr.-Ing. Richard Bormann ist z. 1. April v. d. amtl. Verpflichtungen entbunden worden. — Z. Nachf. d. Geh. Med.-Rats Prof. Dr. Karl Flügge, d. Ordinarius f. Hygiene a. d. Berliner Univ., d. a. 1. April infolge d. Dienstaltersgesetzes i. d. Ruhestand tritt, ist Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Paul Uhlenhuth in Aussicht genommen. — Geh. San.-Rat Prof. Dr. Ernst Stadelmann, d. ärztl. Dir. d. inneren Abt. d. Krankenhauses a. Friedrichshain, tritt am 1. April in den Ruhestand. — D. provis. Geschäftsträger d. österr. Gesandtschaft b. Päpstlichen Stuhl in Rom, Univ.-Prof. Dr. Ludwig Pastor wurde d. Titel e. a. o. Gesandten u. bevollmächtigten Ministers ver-

liehen. Prof. Pastor, d. bekannte Durchforscher u. Darsteller d. „Geschichte der Päpste im Zeitalter der Renaissance“, gehört seit 1880 d. Lehrkörper d. Univ. Innsbruck an. Lange Jahre leitete er d. österr. Histor. Inst. in Rom als Nachf. Theodor v. Sickels. — D. Abt.-Vorsteher a. Geodät. Inst. a. d. Telegraphenberg b. Potsdam, Geh. Reg.-Rat Dr. Emil Börraß, tritt z. 1. April in d. Ruhestand.

Sprechsaal.

Antwort an Herrn Prof. Dr. Gehrcke.

Die Bemerkungen von Herrn Gehrcke zu meinem „Umschau“-Artikel über die Relativitätstheorie kann ich nicht unwidersprochen lassen. Ich sehe dabei ab von dem ersten rein demagogischen

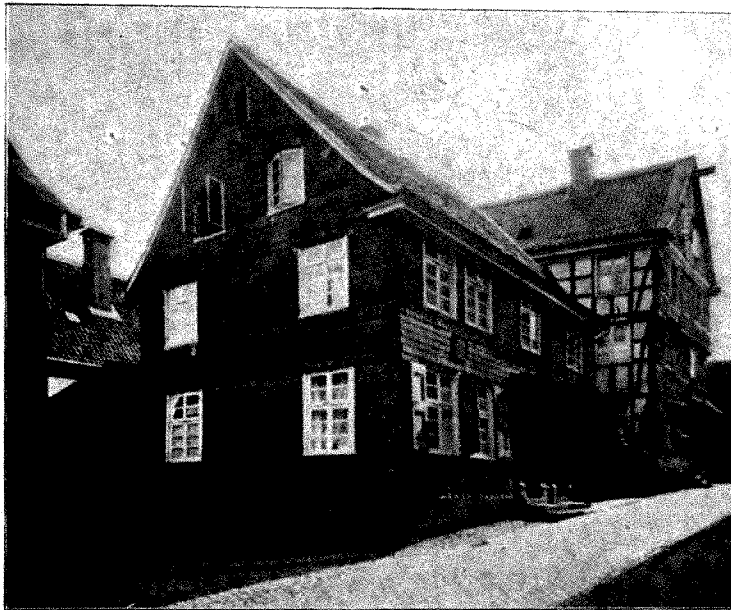
Teil seiner Ausführungen, in dem er die Autorität des Einsteinschen Namens gegen mich ins Feld führt (ausgerechnet Herr

Gehrcke, nach dem diese Autorität lediglich auf Reklame und Suggestion beruht!) und mich dem Publikum als einen Nur-Virtuosen der mathematischen Technik und (mit Berufung auf Herrn Ripke-

Kühn) als einen philosophischen Wirrkopf vorstellt. Ich will

nur ausdrücklich konstatieren, daß Einstein und ich uns in der Tat über meine Erweiterung der Relativitätstheorie nicht einig sind, und möchte hinsichtlich der Beziehungen der Philosophie, insbesondere der Kantischen, zur Relativitätstheorie den Leser der Umschau auf die Schrift „Zur Einsteinschen Relativitätstheorie“ von E. Cassirer hinweisen, dem zu dieser Auseinandersetzung am meisten berufenen Vertreter des Neu-Kantismus (erschieden bei B. Cassirer 1921).

Es ging aus meinem, einer Aufforderung des Herausgebers der Umschau entsprungenen Artikel hervor, daß ich nicht einen Bericht über die Nauheimer Diskussion geben wollte, sondern im Anschluß an diese Diskussion kurz die beiden Punkte der Relativitätstheorie beleuchten, welche ich für die entscheidenden halte. Aber auch, wenn ich jene andere Absicht gehabt hätte, würde ich nicht über die von Herrn Gehrcke erwähnten „Ergebnisse“ haben berichten können. Es ist gar keine Rede davon, daß die Einsteinsche Theorie genötigt wäre, Gravitationsfelder ohne erzeugende Massen anzunehmen. Die auch von Leonard in der Nauheimer Diskussion beständig erwähnten „fingierten Gravi-



Geburtsaus Röntgen's in Lennep.

zur Erinnerung an die vor 25 Jahren erfolgte Entdeckung der Röntgenstrahlen wurde von der Bonner Röntgen-Vereinigung eine Feier veranstaltet und eine Röntgen-Stiftung begründet.

Rückkauf von Umschau-Nummern.

Wegen fortwährender Nachbestellungen kaufen wir folgende Nummern, wenn gut verpackt, für je 80 Pf. zurück:

1921 Nr. 1—7,

1920 Nr. 1—5.

Frankfurt a. M.-Niederrad.

Verlag der Umschau.

tationsfelder“ werden nur erforderlich, wenn das Gesetz, nach welchem die Massen das Führungsfeld erzeugen, dahin mißdeutet wird, als ob es in jedem Bezugssystem so laute wie nach Newton im „absoluten Raum“. Eine solche Redeweise ist unmöglich, wenn man jene von mir als „Führungsfeld“ bezeichnete Einheit von Trägheit und Gravitation wirklich erfaßt hat. Auch die Trägheit, das „Galileische Führungsfeld“, das einen sich selbst überlassenen Körper in gerader Linie mit konstanter Geschwindigkeit dahin fliegen läßt und das nach Newton-Lenard ohne materielle Ursache ein für alle mal da ist, ist nach Einstein verankert in erzeugenden Massen. Und zwar kommt dieser neutrale Untergrund der Gravitation durch das Zusammenwirken aller Massen im Universum zustande; analog wie etwa die Ladungen auf den Platten eines Kondensators das homogene elektrische Feld zwischen den Platten hervorbringen, aus dem sich das Feld in der unmittelbaren Umgebung der erregenden Elektronen heraushebt wie kleine steile Bergkegel aus einer Ebene. Hier wie dort ist es natürlich unmöglich, in strenger Weise das durch Zusammenwirken aller Teilchen entstandene homogene Feld (das „Galileische Führungsfeld“) und die zu jedem einzelnen Teilchen gehörigen Bergkegel (die „Gravitation“) voneinander zu trennen. Auf diese Lösung, welche ich hier nur andeuten kann und die zugleich die großen kosmologischen Schwierigkeiten beseitigt, mit denen die Newtonsche Gravitationstheorie zu kämpfen hat, wies auch Einstein in Nauheim hin.

Ebenso ist das zweite, von Herrn Gehrcke konstruierte „Ergebnis“ nur eine Wiederholung alter Mißverständnisse; ich übernehme jede Garantie dafür, daß in Nauheim kein „Relativist“ die Möglichkeit von Körperbewegungen mit Ueberlichtgeschwindigkeit zugegeben hat. Lenard hatte, wie sein Schlußwort in der Diskussion zeigte, so etwas aus den Worten Einsteins herausgehört; aber ganz irrtümlicherweise.

Zürich.

Prof. Dr. H. Weyl.

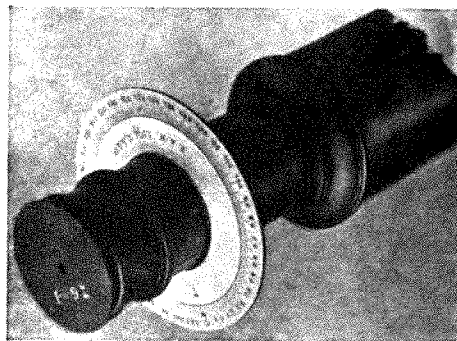
Nachrichten aus der Praxis.

(Zu weiterer Vermittlung ist die Verwaltung der „Umschau“, Frankfurt a. M.-Niederrad, gegen Erstattung des Rückportos gern bereit.)

134. Ein neues Mikrometer für Liebhaberastronomen. Ein Mikrometer, d. h. ein Instrument zum

Messen von Abständen und Winkeln am Himmel, von äußerst einfacher Bauart und bequemster Anwendungsform wird von der Feinmechanischen Anstalt G. m. b. H. hergestellt.

Die Abbildung zeigt das neue Instrument. Es besteht aus einem in den Fernrohrstützen einzuschiebenden Gehäuse mit einem Positionskreis, vor dem sich ein Okularkopf mit eingebautem Faden dreht; der Winkel, den jeweils der Faden mit der N. S.-Lage bildet, ist mit Hilfe einer Ablesemarke abzulesen. Die Messung von Abständen erfolgt durch Beobachtung der Durchgangsmomente der Endpunkte der zu messenden Strecke durch den Faden und durch einfache Rechnung an Hand einer Hilfstafel, wobei die gefundene Durchgangszeit so-



wie der Positionswinkel entsprechend berücksichtigt werden. Das Neue an dem Instrument ist, daß man die Sterne usw. nicht nur am senkrecht zur täglichen Bewegung gestellten Faden passieren läßt, sondern z. B. bei engen Doppelsternen an dem geeignet schief dazu gestellten Faden, so daß man den Zeitunterschied der Durchgänge beliebig vergrößern und damit die Meßgeschwindigkeit bedeutend erhöhen kann.

Das Anwendungsgebiet des neuen Mikrometers ist sehr umfassend. Doppelsterne bis zu wenigen Sekunden Abstand, Einzelheiten auf Planetenscheiben, die Umläufe von Planetenbegleitern usw. lassen sich ebenso leicht bestimmen, wie die Oerter von Kometen, von Nebeln oder Einzelsternen. Auch Messungen auf dem Monde und der Sonne sind vorteilhaft damit zu bewerkstelligen, ganz besonders z. B. bei zeichnerischer Wiedergabe von Mondlandschaften oder Sonnenflecken.

Berichtigung.

Die Abbildung: Relief aus der Steinzeit, zu dem Aufsatz von Univ.-Prof. Schiefferdecker, aus Umschau Nr. 8 muß umgekehrt gedacht werden.

Die nächste Nummer enthält u. a. folgende Beiträge: Dr. E. Anuschat: Schutz gegen Einbruch. — Dr. med. et phil. Alois Czepa: Die Mehlfürchebehandlung der Zuckerharnruhr. — Dr. Rudolf Loeser: Ernteameisen.

Abbestellungen können spätestens 14 Tage vor Ablauf des Quartals berücksichtigt werden. Durch Annahme der ersten Nummer eines Quartals erklären sich die Bezieher mit der Weiterlieferung der „Umschau“ einverstanden.

Verlag von H. Bechhold, Frankfurt a. M.-Niederrad, Niederräder Landstr. 28 und Leipzig.
Verantwortlich für den redaktionellen Teil: H. Koch, Frankfurt a. M., für den Anzeigenteil: F. C. Mayer, München.
Druck von H. L. Brönners Druckerei (F. W. Breidenstein), Frankfurt a. M.

Billiger Holzbaustoff. In Kopenhagen erregte auf einer Ausstellung für billige Bauweisen eine patentierte dänische Erfindung „Tex“-Holztuch, aus dünnen, mit galvanisiertem Eisendraht verwebten Latten von Kiefer oder Fichte große Aufmerksamkeit. Es ersetzt gleichzeitig Bretter und Rohrgewebe in Zwischenwänden aller Art und stellt sich billiger als Verschalungsmaterial. Jede Latte liegt von der folgenden isoliert, auf drei Seiten von Mörtel umgeben. Tex-Holztuch ist biegsam und geschmeidig; als Baumaterial zu Treppen, Deckenbekleidung, Säulen verwendbar, mit geringem Putzmörtel-Verbrauch.

Personalien.

Ernannt oder berufen: Prof. Dr. Roland Scholl, Vorstand d. Instituts f. organ. Chemie an d. Techn. Hochschule in Dresden auf den durch den Weggang d. Hofrats W. Schlenk nach Berlin erl. Lehrst. an d. Univ. Wien. — Kommerzienrat Erich Rabbeithge, Direktor d. Zuckerfabrik Klein-Wanzleben, Mitglied d. Reichswirtschaftsrates, v. d. philos. Fak. d. Univ. Halle z. Ehrendoktor. — In d. med. Fak. d. Univ. Königsberg d. ord. Honorarprof. Dr. Julius Schreiber, Dir. d. med. Poliklinik, sowie d. a. o. Prof. Dr. Hugo Falkenheim, Dir. d. Klinik f. Kinderkrankheiten, Dr. Georg Puppe, Dir. d. Instituts f. gerichtl. Medizin, Dr. Walter Scholtz, Dir. d. Poliklinik f. Haut- u. Geschlechtskrankheiten, Dr. Paul Stenger, Dir. der Klinik f. Ohren-, Hals- u. Nasenkrankheiten u. Dr. Paul Adloff, Dir. d. zahnärztl. Instituts, z. o. Prof. — Prof. Dr. Ludwig Pick, Professor am Krankenhaus Friedrichshain in Berlin, z. auswärt. Mitglied d. schwed. Gesellschaft d. Aerzte in Stockholm. — D. Germanische Nationalmuseum in Nürnberg d. Prof. Dr. Eugen Wilhelm in Jena in Anerkennung seiner langjährigen, treuen u. einflußreichen Mitarbeiterschaft z. Ehrenpfleger des Museums. — Prof. Karl Helm auf d. Lehrst. d. deutschen Sprache u. Literatur an d. Univ. Marburg als Nachfolger v. Friedrich Vogt. — D. o. Prof. d. öffentl. Rechts an d. Univ. Jena Dr. Otto Koellreuther z. Rat b. thüring. Oberverwaltungsgericht in Jena. — Dr. Hermann Stephani, Organist u. Komponist in Eisleben, v. d. Univ. Göttingen als Nachfolger v. Universitätsmusikdirektor Prof. Freiberg u. gleichzeitig v. d. Univ. Marburg als Nachfolger v. Universitätsmusikdirektor Prof. Jenner. Er hat den Ruf nach Göttingen angenommen. — D. o. Prof. in d. jur. Fak. d. Univ. Jena Dr. Karl Rauch z. Ministerialdirektor im neu gegründeten Thüring. Wirtschaftsministerium (Abteilung f. Handel, Gewerbe u. Verkehr), verbleibt aber als o. Honorarprof. im Verbands d. Univ. — Prof. Hermann Abert a. d. durch Hermann Kretschmars Ausscheiden erl. Ordinariat d. Musikwissenschaft an d. Univ. Berlin. — D. Senior d. Deutschen Volkspartei, Geh. Justizrat Professor Dr. Dr. Kahl, Mitglied d. Reichstags, v. d. vereinigten jur. u. philos. Fak. d. Univ. Berlin z. Ehrendoktor d. Staatswissenschaften. — Z. Wiederbesetzung d. durch d. Emeritierung d. Prof. Graf von Baudissin erl. Ordinariats f. alttest. Theologie an d. Univ. Berlin d. Geh. Konsistorialrat Prof. Dr. Dr. Ernst Sellin in Kiel. — Prof. Binz, Vorsteher d. chem. Abteilung d. Georg Speier-Hauses in Frankfurt a. M. als Nachfolger v. Prof. von Braun z. o. Prof. an d. Landwirtschaftl. Hochschule z. Berlin. — Prof. Peter Behrens an d. Düsseldorfer Kunstakademie als Lehrer d. Architektur. — D. a. o. Prof. f. gerichtl. Medizin an d. Breslauer Univ. Geh. Medizinalrat Dr. Adolf Lesser z. o. Prof. — D. a. o. Prof. d. Chemie an d. Univ. Freiburg i. Br., Dr. Emil Fromm, nach Wien als o. Prof. in d. med. Fak. — D. a. o. Prof. f. Sanskrit u. Sprachvergleichung an d. Univ. Halle, Geh. Reg.-Rat Dr. phil. Th. Zachariae, z. Prof. das. — D. Kustos b. Museum f. Völkerkunde in Berlin, Prof. Dr. Bernhard Ankermann, z. Dir. d. afrikan. u. ozean. Sammlungen dieses Museums.

Habilliert: Als Privatdoz. f. Staatswissenschaften in Jena Dr. phil. Karl M u h s.

Gestorben: Geh.-Rat Prof. Dr. Groedel in Bad Nauheim. — In Zürich d. in Brooklyn geborene Zoologe H. H. Field, 53jähr. — In Neapel Prof. Gino Galeotti, Ordinarius d. allgem. Pathologie an d. dort. Universität, nach kurzer Krankheit.

Verschiedenes: D. Geh. Medizinalrat Prof. Dr. Friedrich Martins, Dir. d. med. Klinik in Rostock, hat z. 1. Oktober d. J. seine Entbindung v. d. Verpflichtung, Vorlesungen zu halten, nachgesucht. — D. Reichsrat erklärte sich damit einverstanden, daß d. Stelle d. Vorsitzenden d. Zentralkommission d. Monumenta Germaniae Historica durch den Generaldirektor d. preuß. Archive, Dr. Kehr, im Nebenamt übernommen wird. — D. langjährige Vertreter d. histor. Theologie an d. Rostocker Univ. Prof. Dr. theol. et phil. Wilhelm Walther ist z. 1. April d. J. v. d. Verpflichtung, Vorlesungen zu halten, entbunden worden. — Prof. Dr. Heinrich Cunow hat d. v. ihm übernommene Gründung u. Leitung einer Entwicklungsgeschichtl. Abt. f. d. er 1919 ans Berliner Museum f. Völkerkunde berufen worden war, aufgegeben, um sich ganz d. Politik u. seiner Lehrtätigkeit an d. Univ. z. widmen. Für d. am 1. April in d. Ruhestand getretenen Berliner Hygieniker Geh. Med.-Rat Prof. Flügge ist Prof. Dr. Bruno Heymann mit d. vertretungsweise Leitung d. Berliner hygien. Univ.-Instituts beauftragt worden. — D. Deutsche Chemische Gesellschaft verlieh d. Generaldirektor d. Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer u. Co., Geh. Regierungsrat Prof. Dr. Carl Duisberg, eine silberne Denkmünze mit dem Bildnis A. W. v. Hofmanns, eine besondere, für diesen Zweck geschaffene Ehrung.

Sprechsaal.

Zur Relativitätsfrage.

Ich möchte hier zum Ausdruck bringen, daß Einstein auf der Nauheimer Naturforscherversammlung die Möglichkeit der Ueberlichtgeschwindigkeiten vom Standpunkt seines allgemeinen Relativitätsprinzips zugestanden hat. Wenn Herr Weyl dies leugnen zu können glaubt, so ist nur ein neuer Widerspruch zwischen ihm und Einstein — wenigstens zur Zeit der Nauheimer Tagung — festzustellen. Die Erklärung Einsteins über die Ueberlichtgeschwindigkeiten, so unbeirrigend sie sein mag, ist tatsächlich abgegeben worden, und Herr Weyl hätte besser getan, das Beweismaterial zu prüfen, als einen Irrtum Lenards anzunehmen.

E. Gehrcke.

Die erste Dampfmaschine in Deutschland.

Die in Nr. 9 der „Umschau“, S. 93, abgebildete Dampfmaschine von 1813 ist nicht die erste, die in Deutschland in Betrieb gewesen ist. Um fast hundert Jahre älter ist die Newcomen'sche Dampfmaschine, die der Landgraf Karl von Hessen 1715 durch den Hauptmann Johann Heinrich Weber aus England nach Kassel holen ließ und dort an der Wallmauer aufstellte. Diese erste in Deutschland dauernd in Betrieb gewesene Maschine stand bis 1765. Der Zylinder davon ist heute noch im Kasseler Museumshof vorhanden, trägt allerdings die irrtümliche Aufschrift, er stamme von Papin. Denis Papin hatte im Jahre 1706 eine Hochdruckdampfmaschine mit Kondensation zum Pumpen von Wasser gebaut und damit auf dem Hofe des Kunsthofes zu Kassel einen Versuch gemacht. Wegen der Undichtigkeit einzelner Teile blieb es aber bei diesem einen Versuch.

Graf Carl v. Klinckowstroem, München.

Schluß des redaktionellen Teils.

Versammlungen und Kurse.

Die 86. Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte in Bad Nauheim vom 19.—25. September 1920. I. Nauheim! — Es liegt ein Glanz von Sonnen- und herbstlichem Blättergold über der Stadt, wie ich vom Bahnhof zu den Anlagen hinuntergehe. Aus breiten Becken springen die drei Sprudel auf, die Becken dampfen, und leichte Schwaden treibt der Wind gegen die Arkaden der Badehäuser. Und dann wieder gepflegte Anlagen, breite Wege, grüne Rasenflächen, Baumgruppen, die zu entlegeneren und heimlicheren Plätzen im Grünen winken — aber vor mir, auf breiter Terrasse, schon über der tiefsten Stelle des Tales, das Kurhaus in entzückender Lage. Hier in seinen weiten Räumen hat uns schrankenlose Gastfreundlichkeit ein Heim für unsere Tagung zubereitet. Doch davon nachher. Links vom Kurhaus die behagliche, saubere Stadt. Gastlichkeit auch hier. Wir, die wir in diesen Häusern so freundliche Aufnahme gefunden haben, wollen unsern Dank nicht vergessen. Ich wohnte im „Bürgerquartier“, nicht im Hotel. Zimmer und Betten hatten wir umsonst, und dabei umgab uns eine Aufmerksamkeit, die, ach, ganz vorkriegsmäßig anmutete. Darf ich es meiner Wirtin übelnehmen, daß sie mich zum Schluß bat, ich möchte ihr — — — meine Patienten zuschicken? — —

Ich bedauere es wirklich, daß ich kein Arzt bin, um diesen Wunsch erfüllen zu können!

Vielleicht haben auch die Gastwirte so gedacht. Was verschlägt's? Das Essen war gut, reichlich und billig. Kennst du, verehrter Leser, einen Badeort, in dem du dich für 13 Mark zu Mittag an den leckersten Speisen richtig satt essen kannst? In Nauheim ging es uns so!

Und dann das Programm der Veranstaltungen der Kurverwaltung! Konzert, Theater und Varieté wechselten, und Tag für Tag hattest du die Wahl zwischen zwei oder drei Nummern der Liste. Und dem, der damit nicht gesättigt war, winkte im Anschluß an die Nauheimer Gelehrtenwoche die Wiesbadener Herbstwoche, zu der der Magistrat des gastlichen Wiesbaden ihn im Extrazuge entführen wollte.

Es fügte sich alles zu einem Kranze schöner Tage!

II. Unendlich viel reicher aber war noch, was der gelehrte Teil der Tagung bot. Das Programm verwirrt. Am 19. September früh ist der helle, weiträumige Konzertsaal mit seinen Galerien zur Eröffnung der Tagung gefüllt. In den Ansprachen schwingt das Erleben der Zeit wieder. Was man uns auch an materiellen Gütern nimmt, an altem Landbesitz entreißt, eins wird man uns nicht nehmen können: die deutsche Wissenschaft! Helmholtz, Virchow und Haber kann kein Feind anneklieren. Nach außen stolz — nach innen aber in nicht mißzuverstehender Beziehung die Mahnung, nicht nur die Kräfte der uns umgebenden Natur beherrschen zu lernen, sondern auch die Naturkräfte im Menschen. — Mit den großen praktischen Aufgaben, die die Not der Zeit der Wissenschaft gestellt hat, werden sich die folgenden Sitzungen beschäftigen: mit der Volksernährung, mit den Volksseuchen Grippe, Syphilis, Schlafkrankheit. Einschneidender vielleicht noch sind die umstürzenden Gedanken, die in der Theorie das alte Gebäude der Wissenschaft erschüttern. Raum- und Zeitbegriff wandeln sich, die Lehre von der Unteilbarkeit der

Atome ist gefallen. — Aber alle diese Dinge gehören nicht in die politische Arena, sondern vor das Forum der Wissenschaft. Diese Ablehnung des Vorgehens einiger Kreise gegen Einstein erregt den lebhaften Beifall der Versammlung. Die Gefahr der Wissenschaft, die Zeitschriften- und Büchernot entstehen vor den Zuhörern und zuletzt der Zusammenhang der Forschung mit den politischen Ereignissen: „Die Monarchie pflegt die Wissenschaft, die Republik schützt sie — die Revolution zerstört sie!“ —

III. Noch am Montag beleuchteten fünf Redner die Bedeutung des Stickstoffs für unsere Ernährung. Stark war der Besuch der Vorträge, aber nicht geringer war das Interesse an den rein theoretischen Fragen des Dienstags: Atome und Moleküle.

Debye-Zürich gab ein Bild vom gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse und führte über die alte Theorie hinaus zur Quantentheorie Plancks und Bohrs und zu den letzten Erfolgen Rutherfords, dem es gelungen ist, die Atomwelt des Stickstoffs mit α -Strahlen zu sprengen. Frank-Berlin und Kossel-München ergänzten die Debyeschen Ausführungen. Am Nachmittag sprach Rinne-Leipzig über den Feinbau der Kristalle und erläuterte seine Worte durch eine Reihe ausgezeichnete Lichtbilder.

Am Mittwoch fanden die allgemeinen Sitzungen ihren Abschluß. Zumbusch-München sprach über die Syphilis, und nach ihm Timerding-Braunschweig über die Reichsschulkonferenz und den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht an den höheren Schulen.

Er beleuchtete die großen Fragen, die in den gegenwärtigen Schulkämpfen, insbesondere um die Einheitsschule, zum Ausdruck kommen, und brachte die Gefahr, die der Wissenschaft droht, auf die Formel: kann der Arbeiter, der zur Bildung drängt, nicht zu ihr herauf, so zieht er sie zu sich herunter. Manches Wort einer freimütigen und sachlichen Kritik fiel: an den Regierungsmaßnahmen, an der Reichsschulkonferenz, an den herrschenden Strömungen vor allem auch in der Volksschullehrerschaft. Timerding weist nach, wie gerade dem Volksschullehrer naturwissenschaftliche Bildung not tue, und daß sie erst geschaffen werden müsse. Hier spricht der Redner Gedanken aus, die von Volksschullehrern selbst oft ausgedrückt und anerkannt sind und die ja auch in diesen Kreisen die Triebkräfte zu weitgehenden Forderungen über die Ausbildung der Volksschullehrer geworden sind. Für die neuen Schultypen verlangt Timerding, daß sie von mathematisch-naturwissenschaftlichem Geiste durchtränkt werden. Nur so können sie der Herausbildung eines kritischen Bewußtseins und einer gefestigten Weltanschauung dienen (vgl. das eingehende Referat in den Unterrichtsblättern XXVI, S. 77f.)

Mit diesem letzten allgemeinen Vortrage wies die Naturforscherversammlung den Weg, der uns vielleicht schneller als jeder andere wieder zur Höhe führt: die Schule. Ob ihre Bedeutung freilich gerade von den Führern unserer Wissenschaft recht begriffen wird, bezweifle ich. Unter den Teilnehmern der Sitzungen der Abteilung XIV — mathematischer und naturwissenschaftlicher Unterricht — sah ich nur zwei Hochschullehrer. Woher die Ablehnung? Die Hochschullehrerschaft läßt — von wenigen Ausnahmen, die wohlbekannt sind, abgesehen — eine Schuld auf sich. Wenn es uns nicht gelingt, uns in dem für das Gedeihen des Volksganzen nötigen Maße durchzusetzen, so liegt das z. T. daran, daß uns die tätige Bundesgenossenschaft der Hochschullehrer fehlt. Es brauchte nicht so zu sein: das lehrt uns Frankreich — und in Deutschland das Beispiel der Neuphilologen.

IV. Einsteindebatte! Es war empfindlich kalt, als sich ¹/₂ 8 Uhr früh die Ersten vor dem Badehause 8 einfanden — mancher vielleicht mit der Hoffnung

auf eine Sensation. Sie froren, bis sich 8 $\frac{1}{4}$ Uhr die Türen öffneten. Oder vielmehr eine Tür, und sie war noch dazu recht schmal, und noch schmaler dadurch, daß rechts und links ein Mathematiker und ein Physiker — berühmte Leute, und nicht vom schlanksten Typ — als Engel mit den Flammenschwertern vor dem Einsteinparadiese standen. Eintritt erhielten durch dies mathematisch-physikalische Filter nur die Mitglieder der Deutschen Mathematikervereinigung und der Deutschen Physikalischen Gesellschaft zu einer „Geschäftssitzung“, die das Programm des Morgens festlegte — bis dann um 9 Uhr die draußen Wartenden eintreten konnten. Man rückte auf den Sitzen zusammen, stand an den Wänden und füllte die Galerie — und wartete auf den Gelehrten disput.

Er ließ auf sich warten. Es sprachen zunächst Weyl-Zürich (unter dem Titel Elektrizität und Gravitation über seine Erweiterung der Relativitätstheorie), Mie-Halle (Über das elektrische Feld eines um ein Gravitationszentrum rotierenden geladenen Partikelchens), v. Laue-Berlin (Über neue Versuche zur Optik bewegter Körper) und endlich Grebe-Bonn (Über seine experimentellen Untersuchungen der Rotverschiebung einer der sogenannten Cyanbanden im Sonnenspektrum). Gut zwei Stunden verflossen damit und waren für die zahlreichen Laien zweifellos ein Fegefeuer. Auch für manchen Mathematiker?? Trotzdem hielt das Publikum tapfer aus.

Die Debatte entglitt nicht dem sachlichen Fahrwasser, in das sie die Vorträge und ein energischer Vorsitzender gesteuert hatten. Zunächst entwickelte sich ein Zwiegespräch zwischen Lenard-Heidelberg und Einstein, der erstere lebhaft seine Einwände vortragend, der letztere ruhig und in außerordentlicher Klarheit erwidern.

Lenard erkennt wohl die spezielle Relativitätstheorie an, lehnt aber die allgemeine ab. Er bestreitet, daß durch die Relativitätstheorie der Äther abgeschafft sei, er könne gar nicht verschwinden, da er allein uns in den Stand setze, optische und elektrische Phänomene anschauungsmäßig zu begreifen. Ein weiterer Anstoß sind ihm die fingierten Gravitationsfelder, die Einstein einführt, und das Ausschalten des „gesunden Menschenverstandes“, den der Physiker so wenig entbehren könne wie der im wissenschaftlichen Sinne naive Mensch. Wenn z. B. im plötzlich gebremsten Eisenbahnzug alles durcheinanderstürzt, so läßt ihn eben der gesunde Menschenverstand sehr wohl entscheiden, ob die Änderung der Bewegung des Zuges oder der Erde die Ursache ist. Wenn man ferner meint, nicht angeben zu können, ob man sich selbst in drehender Bewegung befinde oder die Umwelt — so nehme man nur das letztere an, um sofort einzusehen, daß man dann zu Überlichtgeschwindigkeiten kommen müsse. Das sei ein Ergebnis, zu dem die Relativitätstheorie selbst führe, das aber ihrer eigenen Behauptung widerspreche, daß die Lichtgeschwindigkeit nicht übertroffen werden könne. Die Relativitätstheorie töte so sich selbst!

Einstein hebt dagegen hervor, daß die Anschaulichkeit ein sich wandelnder Begriff sei. Die Galileische Mechanik gelte uns heute als der Gipfel der Anschaulichkeit, während sie Galileis Zeitgenossen sehr unanschaulich gewesen sei. Und in der Gegenwart finden wir Elektriker, denen nichts anschaulicher ist als das elektrische Feld, ja, denen elektrische Erscheinungen zu Bildern für mechanische werden. Man kann also einen so schwankenden Begriff nicht wohl für oder gegen eine Theorie ausspielen. Zum Beispiel des gebremsten Zuges bemerkt er, daß es sich doch zweifellos um eine Wechselwirkung zwischen Massen handle, und hierbei sei es eben für den Erfolg gleichgültig, welche Masse gegen die andere bewegt werde. Hier nun den „gesunden Menschenverstand“ entscheiden zu lassen, sei nicht minder bedenklich wie oben die Anschaulichkeit. Zum Beispiel der Rotationsbewegung schließlich sei zu bemerken, daß die Rolle der Lichtgeschwindigkeit in der allgemeinen Relativitätstheorie eine ganz andere sei als in der speziellen, und daß die erstere gar keine konstante Lichtgeschwindigkeit erfordere. — Fast alle übrigen Debatter traten Einstein in den wesentlichsten Punkten bei — so von Laue, Mie (der

Lenard entgegnete, daß der Äther nicht erst durch die Relativitätstheorie abgeschafft sei, sondern bereits zwei bis drei Jahrzehnte früher durch H. A. Lorentz) und besonders temperamentvoll Born-Göttingen, der sich gerade durch ihre Anschaulichkeit zur Einsteinschen Theorie hingezogen fühlt.

Mittlerweile war es 1 Uhr geworden. Man war hungrig und erholungsbedürftig und so — wäre vielleicht aus diesem Grunde schon keine „Demonstration“ zustande gekommen, wenn sie nicht schon durch die allgemeine Verehrung Einsteins unmöglich gewesen wäre. Einige später angemeldete Vorträge wurden auf den folgenden Nachmittag verschoben.

V. Die Fülle der Vorträge — mehr als 520 in etwa 30 Abteilungen! — hatte ihre Nachteile. Rede- und Diskussionszeiten waren zu kurz. Um so dankbarer müssen wir den „Einführenden“ der Abteilung für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht, den Herren Direktor Schnell-Gießen und Professor Fuldner-Nauheim, sein, daß sie uns mit „nur“ 14 Vorträgen ein Programm aufgestellt hatten, das den Verhandlungstag, den 24. September, füllte und die Vortragsdauer nicht allzu sehr beschnitt. Auch dafür gebührt ihnen Dank, daß durch ihre Bemühungen die Verhandlungen reibungslos und in einem ansprechenden Rahmen ablaufen konnten. Das war nicht so leicht, da kein Raum der Stadt Nauheim völlig für diese ungewohnte Bestimmung paßte. Die Mathematiker tagten in einer Schule, die Physiker in der Halle des Badehauses 8, wir aber im Theatersaal des Kurhauses, der höchstens den Fehler hatte, daß er zu groß war. Die mitunter bis an 200 gehende Zahl der Anwesenden sah in dem weiten Raume noch immer nicht eindrucksvoll aus. Leider erlaubt der Rummangel nur auf die mathematisch-physikalischen Vorträge der Unterrichtsgruppe einzugehen, und auch auf diese nur, soweit sie nicht anderen Orts im Druck erschienen sind. Universitätsprofessor Guenther-Freiburg i. B. eröffnete die Reihe mit dem Vortrage „Die Heimatlehre als Wissenschaft und Lehrfach“. Der Inhalt seiner ganz auf das Biologische gerichteten Ausführungen findet sich in der bei Fisher in Freiburg i. B. erschienenen Broschüre: Heimatlehre als Grundlage der Volksentwicklung, ein Programm für den Wiederaufbau. Ihm folgten drei zu einer Gruppe vereinigte Vorträge von Dannmeyer, Hartleb und Ulmer (sämtlich in Hamburg) über die „Wege und Ziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts“.

Dannmeyer vertrat in temperamentvollen und gewollt einseitigen Ausführungen den materiellen Standpunkt: Schulung zur Wirklichkeit, Erziehung zum tätigen Leben, Entwicklung aller Eigenschaften, die im Existenzkampf nützlich sind. Daß er uns dabei die englische Erziehung als Muster hinstellte, hat gewiß viele verblüfft — ich denke, wir werden auch in Zukunft die oberflächliche und brutale Art des Engländern nicht nachahmen. Auch wenn er uns durch eben die Eigenschaften „besiegt“ hat. Lebhaften Widerspruch erregte in der Debatte Dannmeyers Ausfall gegen die Mathematik. Sie ist ihm eine tote Wissenschaft und auch der Tod jeder Individualität. Ich glaube, Dannmeyer kennt die Mathematik nicht — keinesfalls die moderne! Hartleb, der das geschichtliche Moment behandelte, und Ulmer wandten das Thema ohne Polemik nach der ideellen Seite: der Erziehung zum Kulturmenschen. Sie gaben eine Zusammenfassung der Gesamtheit der modernen Strömungen. (Vgl. das Referat der Unterrichtsblätter XXVI, S. 79 f.)

Nach kurzer Pause sprach Körner-Hilchenbach über den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht in den gegenwärtigen Schulkämpfen.

Das Einheitsschulprogramm würde dem Realismus einen Weg ins Volk öffnen, in dem er noch wenig Wurzel gefaßt hat. Unter anderem wird eine Trennung der Volksschule in die beiden Zweige der Schwachen und Begabten gefordert, ein deutsch-realistischer Charakter der Aufbauschule ohne Gabelungen in den Realien

mit höchstens einer Fremdsprache und eine Neueinstellung der Volksschullehrerbildung, die bisher in den meisten Ländern die realistischen Fächer vernachlässigt hat. Die Pläne der Reichsschulkonferenz (sechsemestriges Studium der Pädagogik und einer Wissenschaft) sind ausbaufähig. Für die Mathematik z. B. käme eine Synthese der reinen und angewandten Mathematik in Frage, die der psychologischen Einstellung des jungen Studenten allein entspricht, und die besonders die Technischen Hochschulen herbeiführen könnten. Sonder-Lehrerfachschulen müßten nach den einzelnen Fächern spezialisiert werden, wenn sie aus finanziellen Gründen nicht Einrichtungen niederen Grades sein sollen.

Der Vortrag von Hofmann-Frankfurt über „Die Bedeutung der Meraner Lehrpläne in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft“ beschloß den Vormittag. Der Kern seiner Ausführungen ist im 26. Jahrgang Heft 5/6 der „Unterrichtsblätter“ enthalten (Verhandlungen über die Meraner Reformvorschläge. I. Leitsätze der Ortsgruppe Frankfurt a. M.; ein Referat, ebenda, Heft 7/8). In der sich anschließenden kurzen Aussprache über die letzten beiden Vorträge trat eine so allgemeine Übereinstimmung der Anwesenden zutage, daß folgende von Poske-Berlin vorgeschlagene Resolution sofortige Annahme fand:

1. Die Versammlung fordert, daß der Mathematik bei den bevorstehenden Veränderungen in unserem Schulwesen ihr Wirkungskreis ungemindert erhalten bleibt, und daß den Naturwissenschaften durchweg von der Grundschule an der ihnen gebührende Anteil an der Jugenderrziehung zugewiesen wird.

2. Die Versammlung ist der Ansicht, daß die Hauptgedanken der Meraner Vorschläge noch immer grundlegend für die Ausgestaltung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts sind. Sie hält jedoch in der Mathematik wie in den Naturwissenschaften eine noch stärkere Betonung ihrer Anwendungen nach der technischen und wirtschaftlichen Seite und ihrer Beziehungen zur Heimatkunde für geboten.

3. Die Versammlung begrüßt die an einigen Universitäten vorhandenen Lehraufträge für Didaktik der exakten Wissenschaften; sie fordert solche Lehraufträge für alle Universitäten und Technischen Hochschulen.

Am Nachmittag erörtert Müller-Bruchsal das Thema „Relativität und Schule“.

Nach seinen Unterrichtserfahrungen können die Primaner die Raum- und Zeitrelativität erfassen. Er empfiehlt eine Behandlung des Michelsonversuches nach Mies Lehrbuch der Elektrizität, der Lorentztransformationen nach Angersbach (Bd. 39 der Mathematisch-physikalischen Bibliothek von Lietzmann und Witting, Teubner) oder Bloch (Bd. 618, Aus Natur und Geisteswelt, Teubner) unter Verwendung einer Veranschaulichung ähnlich der von Brill (Heft 3 der Abhandlungen und Vorträge aus dem Gebiet der Mathematik, Naturwissenschaft und Technik, Teubner).

Sodann führt Schnell-Gießen in fesselnder Weise das Thema „Der mathematische Unterricht und die logische Schulung“ aus.

An Beispielen deckt er die Tatsachen auf, durch die der mathematische Unterricht zum wichtigsten Werkzeug der Logik wird: durch das Definieren und das Bilden von Urteilen. Ein wichtiges Mittel zur Forschung, d. h. zur Urteilsbildung, ist die Analyse, das Zergliedern des Sachverhaltes, das bei der Erfassung des Aufgabensinnes, bei der Anwendung von Lehrsätzen zur Aufgabenlösung usw. geübt wird. Als Wege zur Entdeckung werden die räumliche Anschauung, der kontinuierliche Übergang (z. B. die Überführung des Peripheriewinkels in den Sehnentangentenwinkel), die Induktion, die Analogie und die reine Deduktion an Beispielen aufgezeigt. Schließlich werden die logischen Bahnen der Beweiss- und Konstruktionsanalysis und des Beweises betrachtet. Das eigentlich Schöpferische vollzieht sich aber meist nicht hier, sondern im Unterbewußten, darum entzieht es sich einer planmäßigen Beeinflussung durch den Unterricht.

Ein ähnliches Thema behandelte am gleichen Nachmittag Männchen-Gießen: Zur Entwicklung der mathematischen Erfindergabe. „Not macht er-

finderisch“ — so erzeuge man im Unterricht künstliche Notlagen, und ein ausgezeichnetes Mittel dazu sind Konstruktionen in begrenzter Ebene. Sein Vortrag fesselte ungemein; er wird in diesen Blättern erscheinen. Poske-Berlin erörtert in seinem Vortrage „Theorie und Experiment im physikalischen Unterricht“ den Unterschied in der Einführung der Begriffe in der theoretischen und in der Schulphysik. Die Begriffe der letzteren müssen viel mehr mit der Erfahrung verwebt werden; die Schule muß sogar rein theoretische Begriffe, wie die des Potentials, durch zweckmäßige Deutungen veranschaulichen. Der mit starkem Beifall aufgenommene Vortrag erscheint in der Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht. Schönichen-Berlin sprach alsdann über den Lehrplan der Biologie auf der Oberstufe (vgl. z. B. den Bericht in „Aus der Natur“) und kam zu weitgehenden Stundenforderungen, die nach seiner Ansicht am besten befriedigt werden können, wenn eine Gabelung innerhalb der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächergruppe eintritt. Hiergegen erhob man selbst von biologischer Seite Bedenken. Winderlich-Oldenburg beleuchtete dann den Zusammenhang zwischen dem chemischen Unterricht und der staatsbürgerlichen Erziehung (Auszüge in den Unterrichtsblättern und in „Aus der Natur“). Auch ein Eingehen auf Loreys (Leipzig) interessante Ausführungen über die vollständige Induktion im mathematischen Unterricht erbringt sich hier, da sie diese Zeitschrift vollständig bringen wird. Hochheim-Weißenfels berichtet dann über die vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten seines selbsttätigen Wechselkontaktes im Unterricht; näheres hierüber befindet sich in der Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht sowie in einer demnächst daselbst erscheinenden Abhandlung. Ebenda wird auch eingehend über ein von Herrn Witting-Dresden vorgeführtes Pendel berichtet werden.

VI. Ein Rankenwerk von allen möglichen Sonderberatungen legte sich um die Tagung — man kann sie nicht sämtlich aufzählen —, und es blieb wirklich nicht viel Zeit, sich allem Dargebotenen zu widmen. So z. B. der Ausstellung von 33 Firmen in einigen Sälen des Kurhauses. Meist sah man pharmazeutische Präparate und medizinische Instrumente, dazwischen aber auch die Erzeugnisse zahlreicher Firmen, die dem Physiker wohlbekannt sind: u. a. Goerz, Liesegang, Ruhstrat, Sartorius und Winkel.

Schön waren die kurzen Pausen, die man auf der sonnigen Kurhausterrasse verbrachte, wo dauernd im Strom und Gegenstrom Kurgäste und Versammlungsteilnehmer promenierte. Dort war man sicher, Bekannte zu treffen. Oder aber man traf sich in einem der zahlreichen Lokale — Mathematiker und Physiker fanden sich nach des Tages Mühen gern zu einem zwanglosen Trunk im Gambrinus oder im Tenniscafé zusammen. Dort wurden manche Gedanken ausgetauscht, Erinnerungen geweckt, Pläne geschmiedet.

Mathematiker sind — Mathematiker. Immer! Wenn man z. B. am Abend aus geselligem Kreise heimstrebte, sah man aus dem Dunkel plötzlich schattenhafte Gruppen auftauchen. Namentlich die zu zweit sollten in einem Bade nur eine Lösung zulassen. Du irrst dich, lieber Leser! Wenn von dem eindringlichen Geflüster und Geraune etwas an dein Ohr schlug, dann klang es: Singularität — Eindeutigkeit — Stetigkeit — — —.

Hilchenbach (Siegen).

KÖRNER.

Die Relativitätstheorie auf der Naturforscherversammlung in Bad Nauheim.

Von H. WEYL in Zürich.

Auf Veranlassung der Deutschen Mathematikervereinigung war auf der letztjährigen Naturforscherversammlung in Bad Nauheim die Relativitätstheorie in einer kombinierten Sitzung der mathematischen und physikalischen Sektion zum Mittelpunkt einer Reihe von Vorträgen und einer allgemeinen Diskussion gemacht worden; darüber sei hier — nach reichlich langer Zeit, die aber vielleicht der Klärung und ruhigen Beurteilung der Sachlage zugute kommt — Bericht erstattet.

Den ersten Teil der Sitzung bildeten vier Vorträge aus dem Gebiete der Relativitätstheorie: 1. H. Weyl, Elektrizität und Gravitation; 2. G. Mie, Das elektrische Feld eines um ein Gravitationszentrum rotierenden geladenen Partikelchens; 3. M. v. Laue, Theoretisches über neuere optische Beobachtungen zur Relativitätstheorie; 4. L. Grebe, Über die Gravitationsverschiebung der Fraunhoferschen Linien. Den vier Vorträgen folgte die auf ihren Inhalt sich beziehende „Spezial“-Diskussion. Der letzte und dramatischste Teil, die allgemeine Diskussion über die Relativitätstheorie, gestaltete sich im wesentlichen zu einem Zweikampf zwischen Einstein und Lenard. Mit großem Geschick, Strenge und Unparteilichkeit waltete Planck seines Amtes als Vorsitzender; ihm war es nicht zum wenigsten zu danken, daß dieses „Nauheimer Relativitätsgespräch“, in welchem entgegengesetzte erkenntnistheoretische Grundauffassungen der Wissenschaft aufeinanderstießen, einen würdigen Verlauf nahm.

Auf den Inhalt der Vorträge werde hier nur insoweit eingegangen, als er mit den prinzipiellen Fragen der Relativitätstheorie in Zusammenhang steht. Nach der speziellen Relativitätstheorie beruht der *Dopplereffekt* auf den folgenden beiden Tatsachen: 1. Die Frequenzen der von zwei Atomen der gleichen Konstitution, etwa zwei Wasserstoffatomen, ausgesendeten Spektrallinien sind einander gleich, wenn jede von ihnen gemessen wird in der dem Atom eigentümlichen *Eigenzeit*. 2. Die Frequenz einer Lichtwelle ist im ganzen Raum überall die gleiche, wenn sie gemessen wird in der „kosmischen“ Zeit t , die zusammen mit den drei Raumkoordinaten ein System linearer Koordinaten für die ganze Welt bildet. Wie übertragen sich diese beiden Tatsachen in die all-

gemeine Relativitätstheorie? Hier wird die Eigenzeit nach Einstein definiert durch die „metrische Fundamentalform“ $ds^2 = \sum g_{ik} dx_i dx_k$, eine quadratische Differentialform der vier willkürlichen Weltkoordinaten x_i vom Trägheitsindex 3; und das Analogon zu 1. lautet: für zwei Atome gleicher Konstitution hat das Integral $\int ds$, erstreckt über eine volle Periode, den gleichen Wert. Fragt man indes danach — um der Sache etwas mehr auf den Grund zu gehen —, wodurch das ds^2 physikalisch bestimmt ist, wodurch insbesondere der Vergleich der Maßeinheiten des ds an verschiedenen Weltstellen ermöglicht wird, so antwortet Einstein, daß dazu die Atomuhren das Mittel bilden (auch starre Maßstäbe oder, physikalisch etwas strenger gesprochen, die Gitterabstände in einem Kristall können zum gleichen Zwecke dienen): kommt die Atomuhr im Laufe ihrer Geschichte vom Weltpunkt O nach dem Weltpunkt O' und legt sie beim Passieren von O während einer Periode die unendlichkleine Weltstrecke δ , beim Passieren von O' während einer Periode die unendlichkleine Weltstrecke δ' zurück, so hat *definitionsgemäß* δ' die gleiche Länge ds wie δ . 1. ist danach keine erklärungsbedürftige Tatsache, sondern ds ist physikalisch so definiert, daß 1. zutrifft. Dennoch schließt die Möglichkeit dieser Festsetzung über den Transport der Maßeinheit eine physikalische Grundtatsache ein, nämlich die folgende: Haben zwei Atomuhren, die sich an derselben Weltstelle O befinden, dort die gleiche Frequenz und treffen sie, nachdem sie verschiedene Wege in der Welt durchlaufen haben, in einem anderen Weltpunkt O' wieder zusammen, so haben sie auch dort gleiche Frequenz. Meine Theorie von Elektrizität und Gravitation, auf einer Weltgeometrie beruhend, in welcher die Übertragung einer Strecke durch kongruente Verpflanzung längs eines Weges vom Wege abhängig ist, war von den Physikern meist dahin mißverstanden worden, als wolle ich an dieser Tatsache rütteln. Der Hauptzweck meines Vortrages in Nauheim war, dem entgegenzutreten. Ich akzeptiere jene Grundtatsache so gut wie Einstein; wir weichen voneinander ab in ihrer theoretischen Deutung. Nach Einstein ist die metrische Struktur des Äthers von der Art, wie sie Riemann annimmt, die Streckenübertragung vom Wege unabhängig. Die Frequenzen der Atomuhren folgen dieser kongruenten Verpflanzung; die Erhaltung der Frequenz beruht also auf einer von Augenblick zu Augenblick infinitesimal wirksamen *Beharrungstendenz*. Im Gegensatz dazu scheint mir die einzig mögliche physikalische Deutung jener Grundtatsache die zu sein, daß sich die Frequenz durch *Einstellung* auf eine gewisse Feldgröße (von der Dimension einer Länge) bestimmen muß: zufolge ihrer *Konstitution* hat die Atomuhr an einer beliebigen Feldstelle eine Periode, die im Verhältnis zu jener Feldgröße einen be-

stimmten numerischen Gleichgewichtswert besitzt.¹⁾ In der Tat ergeben die Naturgesetze, daß sich die materiellen Körper so verhalten, und zwar ist die Feldgröße, auf welche sich die Längen einstellen, der aus der skalaren Krümmung des Feldes zu berechnende Krümmungsradius. Die aus dem Verhalten der materiellen Körper in der geläufigen Weise abgelesene Maßgeometrie ist also mit der metrischen Struktur des Äthers nicht identisch, sondern geht aus ihr hervor, indem die kongruente Verpflanzung ersetzt wird durch die Einstellung auf den Krümmungsradius. In der anschließenden Diskussion wurde der beiderseitige Standpunkt klar und knapp zum Ausdruck gebracht, ohne daß einer den andern zu bekehren oder zu widerlegen suchte.²⁾

Ich komme zu der oben erwähnten Tatsache 2. und ihrer Übertragung in die allgemeine Relativitätstheorie. Davon handelte der Lauesche Vortrag. Ein *statisches* Gravitationsfeld ist dadurch gekennzeichnet: man kann die vier Weltkoordinaten $x_0 = t$, $x_1 x_2 x_3$ (statische Koordinaten) so wählen, daß sich Zeit (t) und Raum ($x_1 x_2 x_3$) vollständig trennen und die Beschaffenheit des Feldes zeitlich konstant ist; d. h. es wird

$$ds^2 = f^2 dt^2 - d\sigma^2,$$

wo f , die Lichtgeschwindigkeit, und $d\sigma^2$, die metrische Fundamentalform des Raumes, nur von den Raumkoordinaten $x_1 x_2 x_3$ abhängen; $d\sigma^2$ ist positiv-definit. In einem solchen statischen Gravitationsfeld haben die Maxwell'schen Gleichungen (komplexe) Lösungen von folgender Art: das elektromagnetische Feld ist gleich einem zeitlich konstanten Felde multipliziert mit dem von der Zeit abhängigen rein periodischen Term $e^{i\nu t}$; ν ist die konstante Frequenz. Sind derartige „einfache Schwingungen“, wie wir es annehmen wollen, für den tatsächlichen Vorgang der Lichtausbreitung maßgebend, so heißt das: 2. In einem statischen Gravitationsfeld ist die Frequenz der von einem ruhenden Körper ausgesendeten Lichtwelle überall im Raum die gleiche, gemessen in der kosmischen Zeit t , der Zeitkoordinate im System der vier statischen Koordinaten. Aus den beiden Tatsachen 1. und 2. ergibt sich mit Notwendigkeit die von Einstein behauptete *Rotverschiebung der Spektrallinien* in der Nähe großer Massen, die ja nach dem Äquivalenzprinzip

1) In einer jüngst erschienenen Note (Berliner Sitzungsberichte 1921, S. 261). akzeptiert Einstein, wenn ich ihn recht verstehe, diesen Standpunkt, nicht aber meine weltgeometrische Deutung der Elektrizität.

2) Eine ausführliche Darstellung meiner Auffassung wurde von mir gerade jetzt veröffentlicht in zwei Arbeiten in den Ann. d. Physik 65 und der Physik. Zeitschrift 22 unter den Titeln: „Feld und Materie“, „Über die physikalischen Grundlagen der erweiterten Relativitätstheorie“.

mit dem Dopplerschen Prinzip auf engste zusammenhängt; denn im statischen Gravitationsfeld hat f in der Nähe großer Massen einen kleineren Wert als fern von ihnen. — Außerdem leitete Laue in seinem Vortrag nach dem Muster des von Debye für die klassische Elektrodynamik vorgeschlagenen Verfahrens aus den Maxwellschen Gleichungen als erste Näherung für hohe Frequenzen das Grundgesetz der geometrischen Optik her, daß ein Lichtsignal eine geodätische Nulllinie beschreibt. Man macht den Ansatz, daß alle Feldkomponenten multiplikativ den Term $e^{i\nu E}$ enthalten mit einem sehr großen konstanten ν , und erhält dann für die „Eikonalfunktion“ E die partielle Differentialgleichung

$$\sum_{ik} g^{ik} \frac{\partial E}{\partial x_i} \frac{\partial E}{\partial x_k} = 0,$$

deren Charakteristiken die geodätischen Nulllinien sind.

An das eben aufgestellte Prinzip 2. sei es gestattet, hier eine kritische Bemerkung anzuknüpfen. Das Prinzip ist eindeutig, wenn durch die Forderung der statischen Koordinaten die Zeit t bis auf eine lineare Transformation in sich, die drei Raumkoordinaten $x_1 x_2 x_3$ bis auf eine willkürliche Transformation untereinander festgelegt sind. Im allgemeinen ist das der Fall, aber nicht immer. Die gravitationslose Welt der speziellen Relativitätstheorie:

$$ds^2 = dt^2 - (dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2)$$

ist ein Beispiel dafür. Doch wird hier unter den linearen Koordinatensystemen eine bestimmte kosmische Zeit t dadurch ausgezeichnet, daß man fordert, der licht-aussendende Körper solle ruhen; und so gestatten in diesem Falle unsere beiden Forderungen 1. und 2. die Lichtwellen zu vergleichen, die von zwei relativ zueinander bewegten Körpern ausgehen (Dopplersches Prinzip). Ein anderes wichtiges Beispiel ist die leere Welt, wie sie sich ergibt, wenn man in den Gravitationsgleichungen das Einsteinsche kosmologische Glied mitberücksichtigt. Nach de Sitter¹⁾ ist diese leere Welt ein „Kegelschnitt“ $\Omega(x) = a^2$ in einem 5-dimensionalen Euklidischen Raum mit dem Linienelement $ds^2 = -\Omega(dx)$;

$$\Omega(x) = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 - x_5^2.$$

Durch die Substitution

$$(*) \quad x_4 = z \cdot \mathfrak{C} \mathfrak{O} \left| \frac{t}{a} \right., \quad x_5 = z \cdot \mathfrak{S} \mathfrak{i} \mathfrak{n} \frac{t}{a}$$

1) On Einsteins theory of gravitation and its astronomical consequences III, Monthly Notices of the R. Astron. Society, Nov. 1917.

kommt man hier auf statische Koordinaten $t, x_1 x_2 x_3$; es wird nämlich

$$-ds^2 = (dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 + dz^2) - \frac{z^2}{a^2} dt^2$$

mit

$$z^2 = a^2 - r^2, \quad r^2 = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2.$$

$f^2 = 1 - \left(\frac{r}{a}\right)^2$ nimmt vom Werte 1 im Nullpunkt bis zum Werte 0 auf dem Äquator ab. Ist diese statische Zeit für die Ausbreitung des Lichtes maßgebend, so würden also die Spektrallinien von Sternen um so stärker nach dem Rot verschoben sein, je weiter sie vom Nullpunkt entfernt liegen. De Sitter hat die Möglichkeit erwogen, auf diese Weise die tatsächlich vorhandene systematische starke Rotverschiebung in den Spektren der Spiralnebel kosmologisch zu deuten. Nun ist aber t offenbar keineswegs die einzige „statische Zeit“; zu dem Spiralnebel als Nullpunkt wird ebenso eine solche Zeit gehören wie zu der bisher als Nullpunkt angenommenen Sonne. In der Tat kann man ja vor Ausführung der Substitution (*) die Koordinaten $x_1 \dots x_5$ einer willkürlichen linearen Transformation unterwerfen, welche $\Omega(x)$ invariant läßt; dann bekommt man ein ganz anderes t . Welches soll nun nach dem Prinzip 2. maßgebend sein für die Ausbreitung des Lichts? Die durch (*) eingeführten statischen Koordinaten stellen nicht den ganzen de Sitterschen Kegelschnitt, sondern nur den Keil $x_4^2 - x_5^2 > 0$ reell dar. Ist die wirkliche Welt der ganze de Sittersche Kegelschnitt, so ist also das Prinzip 2. völlig unberechtigt. Wenn aber die Welt nur aus einem derartigen Keil besteht, wie Einstein es annimmt, ist natürlich dasjenige, bis auf eine lineare Transformation eindeutig bestimmte t zu nehmen, welches diesem Keil entspricht. Steht das im Einklang mit der Wirklichkeit, so ist also auf die Ausbreitung einer Lichtwelle vom Moment ihrer Entstehung an der Zusammenschluß der Welt im Ganzen von Einfluß, während man doch erwarten sollte, daß die Lichtwelle darauf erst reagieren kann, wenn sie den ganzen Weltraum durchlaufen hat. Mit der in den retardierten Potentialen zum Ausdruck kommenden alten Hertzschen Vorstellung von der Entstehung einer Lichtwelle ist das gewiß unverträglich. So bedarf das Prinzip 2., der Mechanismus der Übertragung der Frequenz in einer Lichtwelle, noch sehr der physikalischen Aufklärung.

Inwieweit die nach Einstein zu erwartende *Rotverschiebung* der Fraunhoferschen Linien im Sonnenspektrum gegenüber den von irdischen Lichtquellen stammenden Linien durch die *Experimente* bestätigt wird, darüber berichtete Grebe. Die Messungen sind angestellt worden von Schwarzschild, dann von Evershed und Royds, später von St. John, schließlich von Bachem und Grebe. Namentlich die mit

den schärfsten Hilfsmitteln ausgeführten Beobachtungen von St. John sprachen *gegen* das Vorhandensein des Einsteineffektes. Alle Beobachter stellen aber übereinstimmend fest, daß verschiedene Linien verschiedene Verschiebungen aufweisen. Grebe und Bachem machten nun darauf aufmerksam, daß für die Erklärung dieser Unregelmäßigkeiten vor allem der Umstand in Betracht fällt, daß unmittelbar benachbarte Linien sich gegenseitig in der Lage ihrer Intensitätsmaxima stören. Sie sonderten deshalb auf Grund mikrophotometrischer Aufnahmen aus den von ihnen gemessenen 36 Linien der sogenannten Cyanbande 11 aus, die sie als störungsfrei glaubten in Anspruch nehmen zu dürfen; diese zeigen nun im Mittel eine Rotverschiebung, welche dem Einsteineffekt ungefähr entspricht. Ebenso ergab sich als Mittel der Verschiebungen von 100 *aufeinanderfolgenden* Cyanbandenlinien *ohne jede Auswahl* — wo man erwarten darf, daß die gegenseitigen Störungen sich ausgleichen — nahezu derselbe Wert. Wenn man diese Untersuchungen auch noch kaum als eine definitive experimentelle Bestätigung des Einsteineffektes ansprechen darf, so verstärken sie doch die Wahrscheinlichkeit seines wirklichen Vorhandenseins erheblich. In der seit der Nauheimer Tagung verflossenen Zeit hat sich die Situation in dieser Hinsicht durch neue Beobachtungen noch weiter verbessert.

Um Sinn und Tragweite des Einsteinschen *Äquivalenzprinzips* durch ein vollständig zu übersehendes, nicht triviales Beispiel zu illustrieren, berechnete Mie nach diesem Prinzip das elektrische Feld eines geladenen Teilchens, das um ein elektrisch neutrales Gravitationszentrum unter dem Einfluß der Gravitation eine Kreisbahn beschreibt. Die statischen Koordinaten, in welchen das kugelsymmetrische Gravitationsfeld die von Schwarzschild angegebene Form besitzt, bezeichnet Mie als das vernünftige Koordinatensystem. In einem gewissen „künstlichen“ Koordinatensystem, in welchem sowohl das Teilchen ruht wie auch das Gravitationsfeld stationär ist, haben die Maxwellschen Gleichungen eine von der Zeit unabhängige Lösung, welche in der unmittelbaren Nähe des Teilchens mit der elektrostatischen Lösung identisch ist. Transformiert man sie auf das vernünftige Koordinatensystem, so erhält man diejenige Lösung des Problems, welche nach dem Äquivalenzprinzip dem elektrostatischen Feld eines ruhenden Teilchens gleichwertig ist. Das Feld ist in unendlichgroßer Entfernung nicht von solcher Art, daß eine Ausstrahlung von Energie stattfindet, sondern man erhält es dort, wenn einem nach den Liénard-Wiechertschen Formeln berechneten ausstrahlenden Feld ein einstrahlendes von gleicher Stärke superponiert wird. Zweifellos ist das eine mit den uns bekannten Feldgesetzen verträgliche Lösung; dennoch ist es sicher, daß das wirkliche Verhalten eines elek-

trisch geladenen Körpers, der um ein Gravitationszentrum rotiert, nicht ihr entspricht, sondern eine elektromagnetische Welle ausstrahlt und dadurch selber in seiner Bewegung modifiziert wird. Die *tatsächlichen* Vorgänge bei Ruhe und Rotation sind also *nicht* einander äquivalent. Mie äußert sich darüber so: Man denke sich ein Einsteinsches Kupee, welches auf einer Kreisbahn um das Gravitationszentrum herumfährt; die Beobachter stellen an einem mitgeführten elektrischen Teilchen Beobachtungen an. Bestehen die Wandungen des Kupees aus Metall, so daß das von dem Teilchen erregte elektrische Feld dort endigt, so gilt das Äquivalenzprinzip; bestehen die Wandungen jedoch aus isolierendem Material, so können die Beobachter im Kupee ihre Bewegung feststellen; die Feldlinien des Teilchens sind sozusagen Fühler, die sie aus dem Kupee heraus ins Unendliche strecken. Damit kann man sich sehr wohl auch vom Einsteinschen Standpunkt aus einverstanden erklären. Solange man mit einem unendlichen Raum operiert, hat man immer den unendlich fernen Saum dieses Raumes zu berücksichtigen, über den gewissermaßen ein das Feld bestimmendes Agens ebenso herüberwirkt wie über die inneren Feldsäume, welche den verschiedenen Materieteilchen entsprechen. Mathematisch äußert sich das darin, daß nur solche Koordinaten zulässig sind, für welche im Unendlichen das ds^2 die Gestalt der speziellen Relativitätstheorie hat. In Einsteins geschlossenem Raum aber fällt der unendlich ferne Saum weg, an seine Stelle treten die weit entfernten Massen.

Der Durchrechnung dieses speziellen Problems schickte Mie einige grundsätzliche Bemerkungen voraus, welche zeigen, daß er in einigen Punkten einen andern Standpunkt einnimmt als Einstein. Insbesondere glaubt er an ein ausgezeichnetes „vernunftgemäßes“ Koordinatensystem. Nun ist ja zuzugeben, daß sich in speziellen Problemen oft aus der Beschaffenheit des metrischen Feldes heraus ein besonders einfaches und zweckmäßiges Koordinatensystem definieren läßt. So kann man im Schwarzschildschen Fall des statischen kugelsymmetrischen Gravitationsfeldes die Raumkoordinaten x_1, x_2, x_3 derart wählen, daß, wenn man mit ihrer Hilfe den wirklichen Raum auf einen Cartesischen abbildet, das lineare Vergrößerungsverhältnis für Linienelemente, welche senkrecht zu den Radien im Bildraum stehen, $= 1$ wird (für radiale Linienelemente wird es dann, wie aus den Gravitationsgleichungen hervorgeht, $= 1/f$, und f^2 ist $= 1 - \frac{2\alpha}{r}$; α eine Konstante, r die im Bildraum gemessene Entfernung von Zentrum). Aber gerade in diesem Fall kann man über die radiale Maßskala z. B. doch auch so verfügen, daß die Abbildung auf den Cartesischen Bildraum konform ist (dann wird das

Vergrößerungsverhältnis für alle Linienelemente $= \left(1 + \frac{\alpha}{r}\right)^2$, und f ist $= \frac{r - \alpha/2}{r + \alpha/2}$. Hier ist gar nicht abzusehen, warum man das eine dieser beiden Koordinatensysteme als „vernunftgemäßer“ ansprechen soll denn das andere. Die Frage nach der Existenz eines vernunftgemäßen Koordinatensystems hängt aufs engste mit der andern zusammen, inwiefern es berechtigt ist, zu behaupten: die wahre Geometrie des Raumes sei die *euklidische*; daß materielle Maßstäbe nicht die Relationen erfüllen, welche diese Geometrie für den idealen starren Körper angibt, liege daran, daß die materiellen Körper durch das Gravitationsfeld in bestimmter Weise deformiert werden. Dieser Standpunkt, den z. B. Dingler und Hamel vertreten¹⁾, ist zunächst natürlich gegenüber der Gravitation physikalisch ebenso berechtigt wie gegenüber der Temperatur (Einstein selbst zieht diese Parallele in seiner populären Schrift über die Relativitätstheorie): kein Mensch behauptet, daß auf einer ungleichförmig erwärmten Platte eine nichteuklidische Geometrie gilt, sondern daß die zur Ausmessung verwendeten Maßstäbe durch die verschiedenen Temperaturen verschiedene Ausdehnungen erfahren. Aber in diesem Fall existiert eine absolut ausgezeichnete Reduktion, die Reduktion auf „gleiche Temperatur“, durch welche das Verhalten der Maßstäbe mit der euklidischen Geometrie in Einklang gebracht wird. Im Fall der Gravitation existiert zwar auch eine „Reduktion auf Euklid“ (das ist sogar selbstverständlich), aber unter den unendlich vielen möglichen derartigen Korrekturvorschriften, deren jede zu andern Resultaten führt, ist keine physikalisch so ausgezeichnet, daß sie sich zwingend als die „einzig richtige“ aufdrängt. Darum ist es hier wertlos, den an den materiellen Körpern abgelesenen Maßzahlen durch Korrektur eine euklidische Geometrie zu supponieren. Vielleicht hat der Philosoph immer noch Recht mit seiner Ansicht, daß man ohne einen idealen euklidischen Anschauungsraum nicht auskomme; ihm entspräche in der mathematischen Darstellung die Notwendigkeit, ein Koordinatensystem zu verwenden. Aber seine Beziehung auf das Ordnungsschema der physikalischen Ereignisse ist wie die Wahl des Koordinatensystems in hohem Maße willkürlich. Die universelle Konstruktion, welche Mie selber für das vernunftgemäße Koordinatensystem andeutet (mit Hilfe einer Einbettung des vierdimensionalen wirklichen Raumes in einen zehndimensionalen euklidischen) ist vieldeutig und ohne inneres Vorzugsrecht. Es ist gar nicht einzusehen, welche Erleichterung dadurch für die Beschreibung der physikalischen Vorgänge geschaffen werden soll; sie läßt

1) Dingler: Der starre Körper, Physik. Zeitschr. 1920 S. 487; Hamel: Sitzungsber. d. Berl. Mathem. Gesellschaft 1921. S. 65.

sich ja immer mittels invarianter Begriffe vollziehen. — Noch in einem andern Punkte weicht Mie von Einstein ab; er meint, man dürfe nicht von allgemeiner Relativität, sondern nur von einer Relativität der Gravitationswirkungen sprechen, da man nach der Einsteinschen Theorie das Verhalten eines beschleunigt bewegten materiellen Systems aus dem des ruhenden nur dann berechnen kann, wenn die wirkende Kraft die eines Gravitationsfeldes ist. Mir scheint, das ist kein Einwand gegen die Allgemeinheit des Relativitätsprinzips, sondern eine Bemerkung über seine Tragweite: nur für die im „Führungsfeld“ neben der Trägheit mit-enthaltenen Kräfte (Zentrifugalkraft, Gravitation), die man an ihrer Massenproportionalität erkennt, ist dieses Prinzip ausreichend, ihre Wirkungsweise a priori aus dem Galileischen Trägheitsprinzip abzuleiten.

Die beiden zuletzt erörterten Punkte kamen auch in der *allgemeinen Diskussion*, die vor allem von Lenard benutzt wurde, zwischen Lenard und Einstein zur Sprache. Es sei um der Übersichtlichkeit willen gestattet, aus diesem Wechselgespräch zunächst noch zwei weitere Streitfragen herauszuschälen, die neben der am Schluß zu besprechenden Hauptdifferenz nur von nebensächlicher Bedeutung sind. Das ist erstens die *Existenz des Äthers*. Lenard meint, Einstein habe, bei Aufstellung der speziellen Relativitätstheorie, allzu voreilig die Abschaffung des Äthers verkündet. In der Tat kann er ja darauf hinweisen, daß Einstein heute wieder in der allgemeinen Relativitätstheorie von einem Äther spricht.¹⁾ Man darf sich doch aber durch das gleichlautende Wort nicht über die Verschiedenheit der Sache täuschen lassen! Der alte Äther der Lichttheorie war ein *substantielles* Medium, ein dreidimensionales Kontinuum, von welchem sich jede Stelle P in jedem Augenblick t in einem bestimmten Raumpunkt p (oder an einer bestimmten Weltstelle) befindet; die Wiedererkennbarkeit derselben Ätherstelle zu verschiedenen Zeiten ist dabei das Wesentliche. Durch diesen Äther löst sich die vierdimensionale Welt auf in ein dreifach unendliches Kontinuum von eindimensionalen Weltlinien; infolgedessen gestattet er, *Ruhe* und *Bewegung* absolut voneinander zu unterscheiden. *In diesem Sinne*, etwas anderes hat Einstein nicht behauptet, ist der Äther durch die spezielle Relativitätstheorie abgeschafft; er wurde ersetzt durch die affingemetrische Struktur der Welt, welche nicht den Unterschied zwischen Ruhe und Bewegung festlegt, sondern die *gleichförmige Translation* von allen andern Bewegungen absondert. Der substantielle Äther war von seinen Erfindern als etwas Reales, den ponderablen Körpern Vergleichbares gedacht. In der Lorentzschen Elektro-

1) Siehe namentlich die Leidener Antrittsvorlesung Einsteins über Äther und Relativitätstheorie, Springer 1920.

dynamik hatte er sich in eine rein geometrische, d. h. ein für allemal feste, von der Materie nicht beeinflusste Struktur verwandelt. In Einsteins spezieller Relativitätstheorie trat an ihre Stelle eine andere, die affine geometrische Struktur. In der allgemeinen Relativitätstheorie endlich verwandelte sich die letztere, als „affiner Zusammenhang“ oder „Führungsfeld“, wieder zurück in ein mit der Materie in Wirkungszusammenhang stehendes Zustandsfeld von physikalischer Realität. Und darum hielt es Einstein für angezeigt, das alte Wort Äther für den vollständig gewandelten Begriff wieder einzuführen; ob das zweckmäßig war oder nicht, ist weniger eine physikalische als eine philologische Frage.

Zweitens: die *Überlichtgeschwindigkeit*. Lenard meint, die allgemeine Relativitätstheorie führe die Überlichtgeschwindigkeit wieder ein, da sie als Bezugssystem z. B. die rotierende Erde zuläßt; in hinreichend großen Entfernungen treten dabei Überlichtgeschwindigkeiten auf. Dies ist ein offenkundiges Mißverständnis. Sind $x_1 x_2 x_3$ die in bezug auf die rotierende Erde gemessenen Raumkoordinaten, x_0 die zugehörige „Zeit“ (auf ihre präzise Definition kommt es jetzt nicht an), so werden die Koordinatenlinien x_0 , auf denen bei konstanten $x_1 x_2 x_3$ nur x_0 variiert, nicht alle zeitartige Richtung haben, d. h. es wird in diesen Koordinaten nicht überall $g_{00} > 0$ sein. Nun behauptet Einstein allerdings, daß auch solche Koordinatensysteme zulässig sind; auch in solchen Koordinatensystemen gelten seine allgemein invarianten Gravitationsgesetze. Dagegen hält er durchaus daran fest, daß die *Weltlinie eines materiellen Körpers* stets zeitartige Richtung besitzt, daß an einem materiellen Körper (und als „Signalgeschwindigkeit“) keine Überlichtgeschwindigkeit auftreten kann. Ein Koordinatensystem von der oben angegebenen Art läßt sich infolgedessen nicht in seiner ganzen Ausdehnung durch einen „Bezugsmollusken“ wiedergeben, d. h. man kann sich kein materielles Medium denken, dessen einzelne Elemente die Koordinatenlinien x_0 jenes Koordinatensystems als Weltlinien beschreiben. —

Aber es wird Zeit, daß ich auf den entscheidenden Gegensatz zwischen Lenard und Einstein zu sprechen komme. Lenard behauptet, daß die Einsteinsche Theorie mit *fingierten Gravitationsfeldern* operiere, zu denen sich keine erzeugende Materie nachweisen ließe und welche nur dem Relativitätsprinzip zuliebe eingeführt würden. Das anschauliche Lenardsche Beispiel des durch einen entgegenfahrenden Zug plötzlich gebremsten Eisenbahnzuges diene auch hier als Unterlage der Diskussion. Warum, fragt Lenard, geht der Zug in Trümmer und nicht der Kirchturm neben dem Zug, da doch nach Einstein ebensogut von ihm wie von dem Eisenbahnzug gesagt werden kann, daß er gebremst

werde? Hierauf scheint mir die Antwort leicht. In der Einsteinschen Theorie gibt es so gut wie nach alter Auffassung das *Führungsfeld*, dem ein Körper nach dem Galileischen Prinzip folgt, solange auf ihn keine Kräfte wirken. Die Katastrophe ereignet sich am Zuge und nicht am Kirchturm, weil der erstere durch die Molekularkräfte des entgegenfahrenden Zuges aus der Bahn des Führungsfeldes herausgeworfen wird, der Kirchturm hingegen nicht. Diese Antwort ist auch vollkommen im Einklang mit dem „gesunden Menschenverstand“, der von Herzen damit einverstanden ist, die sich den Kräften entgegenstimmende Beharrungstendenz des Führungsfeldes mit Einstein als eine physikalische Realität anzusehen. Die Frage ist jetzt aber weiter die: ist dieses Führungsfeld eine Einheit oder lassen sich in ihr zwei Bestandteile, die „Trägheit“ und die „Gravitation“, grundsätzlich voneinander trennen, derart daß die erste von selber ein für allemal vorhanden ist als affin-lineare Struktur der vierdimensionalen Welt und nur die zweite durch die Materie erzeugt wird? Hier, für die Gleichberechtigung aller Bewegungszustände, ist die Sachlage eine ganz analoge wie für die Gleichberechtigung aller Richtungen im Raum. Nach Demokrit gibt es an sich ein absolutes Oben-Unten; die wirkliche Fallrichtung eines Körpers setzt sich zusammen aus dieser absoluten Richtung und einer aus physikalischen Ursachen entspringenden Abweichung davon. Demokrit könnte etwa gegen Newton, der die Fallrichtung als Einheit ansieht, genau so argumentieren wie Lenard gegen Einstein: Macht man eine andere als jene wahre Richtung zur Normalrichtung, so muß man außer ihr und der wirklichen Abweichung drittens noch eine überall gleiche und nicht in der Materie verankerte fingierte Abweichung einführen; und das nur, um dem Prinzip von der Gleichberechtigung aller Richtungen im Raume zu genügen. Sobald man die absolute Richtung Oben-Unten zugibt, kann man scheiden zwischen wirklicher und fingierter Abweichung; sobald man ein ausgezeichnetes, „vernunftgemäßes“ Koordinatensystem annimmt, muß man (mit Mie und Lenard) scheiden zwischen wirklichen und fingierten Gravitationsfeldern. Auf dem Relativitätsstandpunkt hingegen wird eine solche Scheidung unmöglich. Wenn wir aber mit Newton gegen Demokrit die Unzerlegbarkeit der wirklichen Fallrichtung in ein absolutes Oben-Unten und eine Abweichung davon behaupten, so müssen wir auch nicht nur für die *Abweichung*, sondern für die *Fallrichtung als Ganzes eine physikalische Ursache* angeben; genau so hat Einstein die Verpflichtung, zu zeigen, *wie und nach welchem Gesetz das Führungsfeld als Ganzes durch die Materie erzeugt wird*. Das verlangt Lenard mit vollem Recht von ihm, und das ist der tiefste und eigentlich entscheidende

Punkt seiner Einwände. Es muß unverhohlen zugegeben werden, daß hier für die Relativitätstheorie bei ihrer jetzigen Formulierung noch ernstliche Schwierigkeiten vorliegen. Einstein weist zur Beantwortung auf seine *Kosmologie* der räumlich geschlossenen Welt hin; er erwidert Lenard: Das Feld ist nicht willkürlich erfunden, weil es die allgemeinen Differentialgleichungen erfüllt und weil es zurückgeführt werden kann auf die Wirkung aller fernen Massen. Solange man überhaupt an dem Gegensatz von Materie und Feld festhält (und nur dann ist ja die Forderung, daß die Materie das Feld erzeuge, sinnvoll und berechtigt), bedeutet die Einsteinsche Kosmologie dies, daß neben den inneren Säumen des Feldes, über welche die einzelnen Materieteilchen feldbestimmend herüberwirken, nicht noch ein weiterer unendlichferner Saum als ein das Feld im Unendlichen bestimmendes Agens hinzukommt; an seine Stelle ist die Gesamtheit der fernen Massen getreten. Das Mitdrehen der Ebene des Foucaultschen Pendels mit dem Fixsternhimmel macht das ganz sinnfällig. Behoben ist damit die Schwierigkeit aber noch nicht. Erstens ist zu sagen, daß von Einstein nur die Gesetze angegeben werden, welche den inneren differentiellen Zusammenhang des Feldes binden, aber noch keine klare Formulierung der Gesetze vorliegt, nach welchen die Materie das Feld determiniert (das liegt übrigens beim elektromagnetischen Feld nicht wesentlich anders). Zweitens aber und vor allem ist es sogar ganz ausgeschlossen, daß die Materie das Feld eindeutig bestimmen kann, wenn man als Charakteristika der Materie, wie kaum anders möglich, *Masse*, *Ladung* und *Bewegungszustand* ansieht. Man kann nämlich in der Welt ein solches Koordinatensystem einführen, daß für die dadurch bewirkte Abbildung der Welt auf einen vierdimensionalen Cartesischen Bildraum nicht nur der Weltkanal *eines* Teilchens, sondern *aller* Teilchen simultan vorgegebene Gestalt annimmt, z. B. alle diese Kanäle vertikale Geraden werden. Im Vergleich zu Mach, dessen Bezugskörper stets ein starrer Körper ist, hat sich bei Einstein das Koordinatensystem so „erweicht“, daß es sich simultan den Bewegungen aller Teilchen anschmiegen kann, daß man alle Teilchen zugleich auf Ruhe transformieren kann; es hat also hier nicht einmal einen Sinn mehr, vom *relativen* Bewegungszustand verschiedener Körper gegeneinander zu sprechen. Diese Schwierigkeit hat neuerdings Reichenbächer deutlicher hervorgehoben.¹⁾ Das Prinzip, daß die Materie das Feld erzeuge, wird sich danach nur aufrecht erhalten lassen, wenn der Begriff der Bewegung ein dynamisches Moment mit in sich aufnimmt; nicht um den Gegensatz *absolut* oder *relativ*,

1) Schwere und Trägheit, Physik. Zeitschr. 22 (1921), S. 234—243.

sondern *kinematisch* oder *dynamisch* dreht es sich bei der Analyse des Bewegungsbegriffs. —

In einer zweiten Sitzung am andern Tage demonstrierte F. P. Liesegang (Düsseldorf) einige treffliche Schaubilder zur Darstellung der Zeitraumverhältnisse in der speziellen Relativitätstheorie, und es verlas H. Dingler (München), wie es schien nur zu formalem Protest gegen die Relativitätstheorie, ohne sich um das Publikum zu kümmern, seine kritischen Bemerkungen zu den Grundlagen der Theorie; es ist sonderbar, daß sich bei Dingler mit seinem an Poincaré orientierten konventionalistischen Standpunkt die dogmatische Halsstarrigkeit des geborenen Apriorikers verbindet. Daß der Tragödie am Schluß das Satyrspiel nicht fehle, entwickelte Hr. Rudolph eine phantastische Äthertheorie mit „Lücken“ zwischen fließenden Ätherwänden, Sternfäden usw., mit Hilfe deren er aus Nichts die Sonnenmasse auf eine beliebige Anzahl von Dezimalen genau bestimmte...

Ich habe hier in freier Weise die Fragen kennzeichnen wollen, die in der Nauheimer Diskussion zur Sprache kamen, nicht aber einen objektiven Bericht über den Verlauf der Sitzung erstatten wollen; für eine gekürzte, aber sinngetreue Wiedergabe der Vorträge und der Diskussion sei der Leser auf das Dezemberheft 1920 der Physikalischen Zeitschrift verwiesen.

(Eingegangen am 29. 8. 21.)

Über die Entwicklung der Affingeometrie.

Von W. BLASCHKE und K. REIDEMEISTER.

Es seien x_k und x_k^* die Koordinaten zweier Punkte \mathfrak{x} und \mathfrak{x}^* in bezug auf dasselbe, etwa schiefwinklige Achsenkreuz. Dann nennt man nach L. Euler (1748) die Zuordnung

$$x_i^* = a_{i0} + a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + a_{i3}x_3; \quad i = 1, 2, 3.$$

$$(1) \quad D = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} \neq 0$$

„*affin*“. Beschreibt \mathfrak{x} eine Gerade, so durchläuft auch der zugeordnete Punkt \mathfrak{x}^* ebenfalls eine Gerade, und der Parallelismus bleibt erhalten. Als *Affingeometrie* werden wir im Sinn von F. Kleins „Erlanger Programm“ (1872) das Studium aller der geometrischen Eigenschaften zu bezeichnen haben, die bei affinen Abbildungen erhalten bleiben. Solche Affingeometrie haben in algebraischer Richtung A. F. Möbius in seinem baryzentrischen Kalkül (1827) und H. Grassmann in seiner „Aus-